TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA

conomia

cnologia

ociologia

vestigação

edagogia

FEVEREIRO 1961

309

Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão – Setúbal

Telef. 028824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 28201/2/3

Desde o
Distrito de **VIANA DO CASTELO**
ao de **LEIRIA** e nos Distritos
de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as maiores facilidades,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

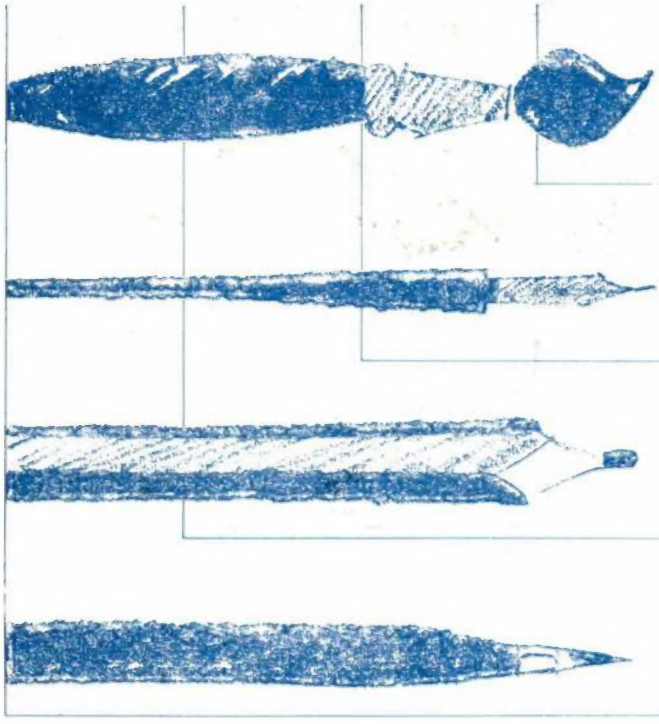
e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO ..... 22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO..... 100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA... 14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 148
EM LISBOA Rua Rosa Araújo, 35

4 papeis suiços de alta qualidade, para todas as necessidades técnicas



DÉPOSÉ SIHL SUPERBUS

Papel de desenho mate e acetinado granitado para aguarelas.

SIRIUS

Papel de desenho acetinado.

ASSISTENT

Papel de desenho mate.

Utoplex

Papel vegetal mate e acetinado.

Exija expressamente Papel Sihl
Papeteries Zuricoises sur Sihl Zurich

SIHL

Representantes em Portugal:
E. BRUNNER & CA., LDA., Rua de Aviz, 13, Porto
Distribuidores: DETÉCNICA
— Equipamentos Técnicos de Desenho, Ld.ª
Av. de Berna, 46-1.º D Telef. 765321

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXIV - N.º 309 Fevereiro de 1961

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR
JORGE GONÇALVES CALADO

ADMINISTRADOR
HENRIQUE TELLES ANTUNES

SECRETÁRIO
ANTÓNIO ALVES MACEDO

REDACTORES
JOSÉ FERNANDO PINHARANDA
CARLOS PENA
MIGUEL FALCÃO
RAMIRO CONFRARIA
ORLANDO DE GRAÇA LOBO

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

*

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

*

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Estrada da Ribeira Brava — Ilha da Madeira

Págs.

Os parâmetros dinâmicos do progresso
Pelo Eng.º Luís A. de Almeida Alves 241

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 248

Estudo dum gerador electrónico da sub-harmónica F/2
Pelo Eng.º João F. Borges da Silva 249

Informação e entropia
Por Gustavo de Castro 277

Nota sobre métodos de verificação de barragens de terra
Pelo Eng.º Virgílio Penalva Esteves 293

Conceitos actualizados sobre a moenda do cimento
Pelo Eng.º José Osório de Rocha e Melo 303

Biblioteca 315

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

Pág.

A

A. Gestetner XLIII
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XXXVIII
Azevedo & Pessi, Ltd. XXXIX

C

Canelas & Figueiredo, Lda. IV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . XII
Companhia Cimento «Tejo» XLIII
Companhia Industrial de Madeiras Africanas XXX
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XIV
Companhia União Fabril XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª XXI
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VI e XV
Cruz & Cruz, Lda. XXX

D

Detécnica . . . . . 2.ª da capa

E

EFAACEC XXXIV
Electro-Arco, Ltd.ª IX
Electrotécnicos Reunidos XXIV
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XXIII
Empresa Electro Cerâmica IV
Empresa Nacional de Aparelhagem Eléctrica XXVIII
Empresa de Produtos Asfálticos . . . VII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XIII
English Electric VIII
Eng.º Augusto Cavaco XXXIX
Estabelecimentos Herold XL

F

Fábrica Portugal II
Fanafel XX
Filtrol, Lda. XXII

G

Guedes & Almeida, Lda. XLII

H

Henriques & Castro, Ltd.ª XII
Henry M. F. Haterley, Lda XXXIII

Pág.

J

Jayme da Costa, Lda XXIX

K

Kellogg International Corporation XXXVI

M

Martin Leslie & C.ª Lda. XX
Monteiro Gomes, Ltd.ª XI

P

Papelaria Fernandes XXVII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
Soabal, Ltd. XXVI
Sociedade de Construções Amadeu Gaudêncio XXXIX
Soc. Comercial Romar, Lda. XIX
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Sociedade Industrial Metalúrgica . XLIII
Sociedade Michaelis de Vasconcellos XVI
Sociedade Portuguesa Cavan IX
Companhia Portuguesa dos Petróleos BP XXII
Société Louis de Roll V
Sonap XXXVII
Sondagens Ródio, Ltd.ª IX
Standard Eléctrica X

T

Tudor XXXI

U

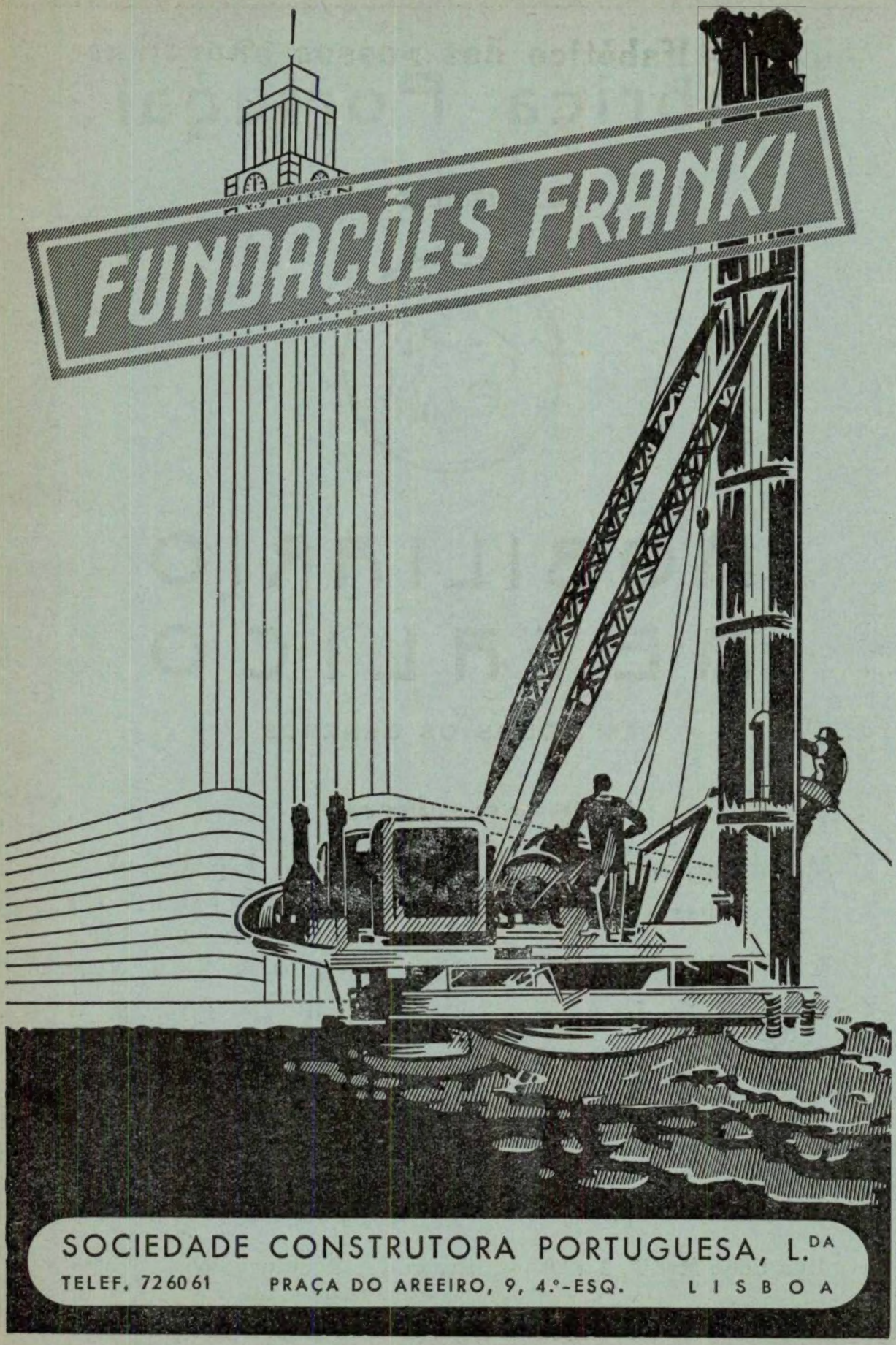
União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa

V

Vasco Pessoa, Lda. XXIV

W

Wild Portugal, Lda. XXV


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 726061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLINICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

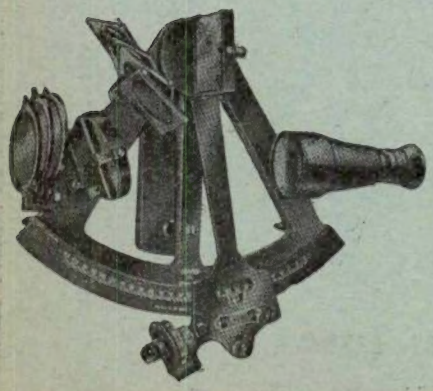
GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

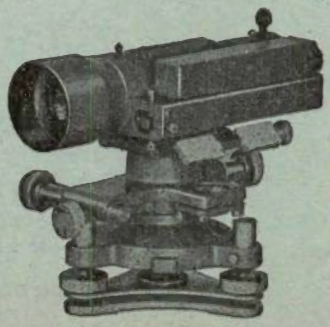
PARA

- ENGENHEIROS
- ARQUITECTOS
- CONSTRUTORES
- TOPÓGRAFOS
- DESENHADORES
- LABORATÓRIOS
- ESCOLAS
- OFICINAS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 24314

TELEG.: TECNA

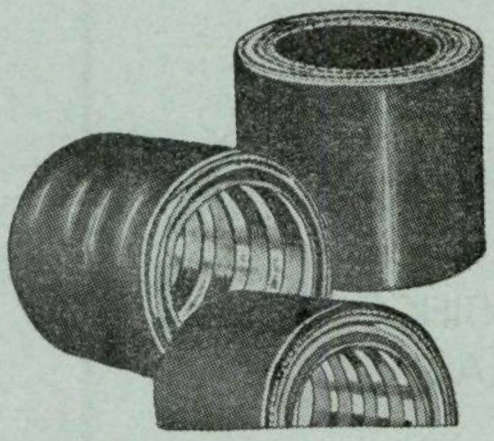




MANGUEIRAS E CHUPADORES

GOODYEAR

UMA QUALIDADE ESPECIAL PARA CADA SERVIÇO DISTINTO:



Acetilene e Oxigénio
Ácidos e suas soluções
Água
Ar
Aviação
Cerveja e vinhos
Ferramentas pneumáticas
Gases — Gasolina
Lavagem de automóveis
Minas
Petróleo
etc, etc., etc.

Distribuidores exclusivos: CANELAS & FIGUEIREDO, L.DA
Rua dos Fanqueiros, 46 — LISBOA

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

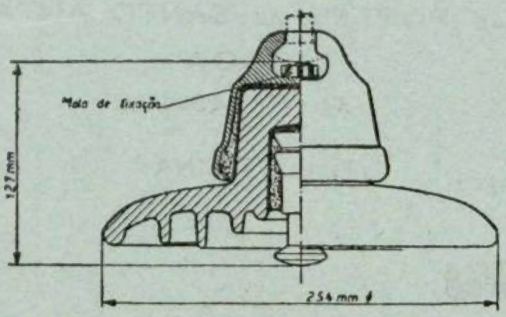
Candal — Gaia

ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

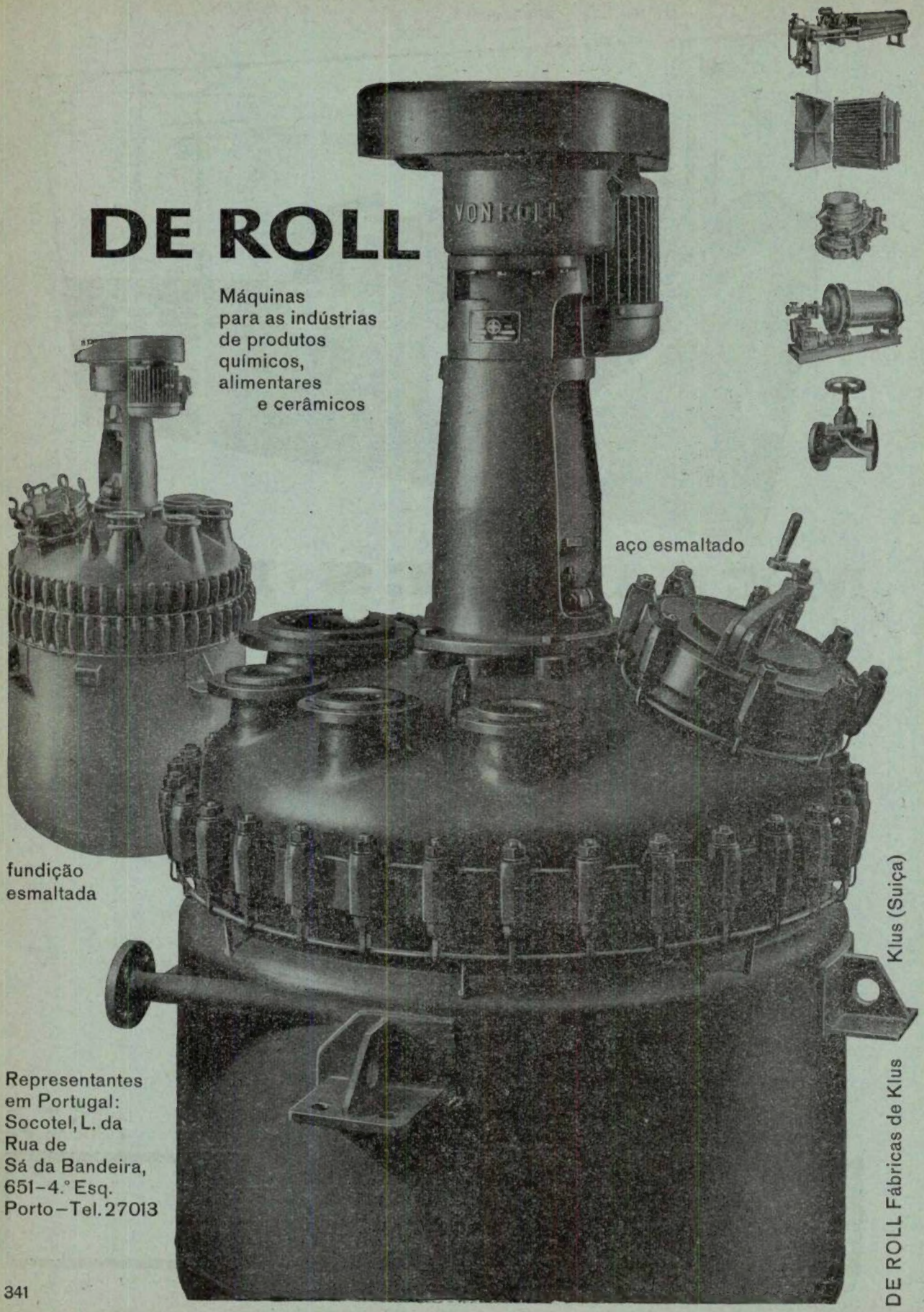


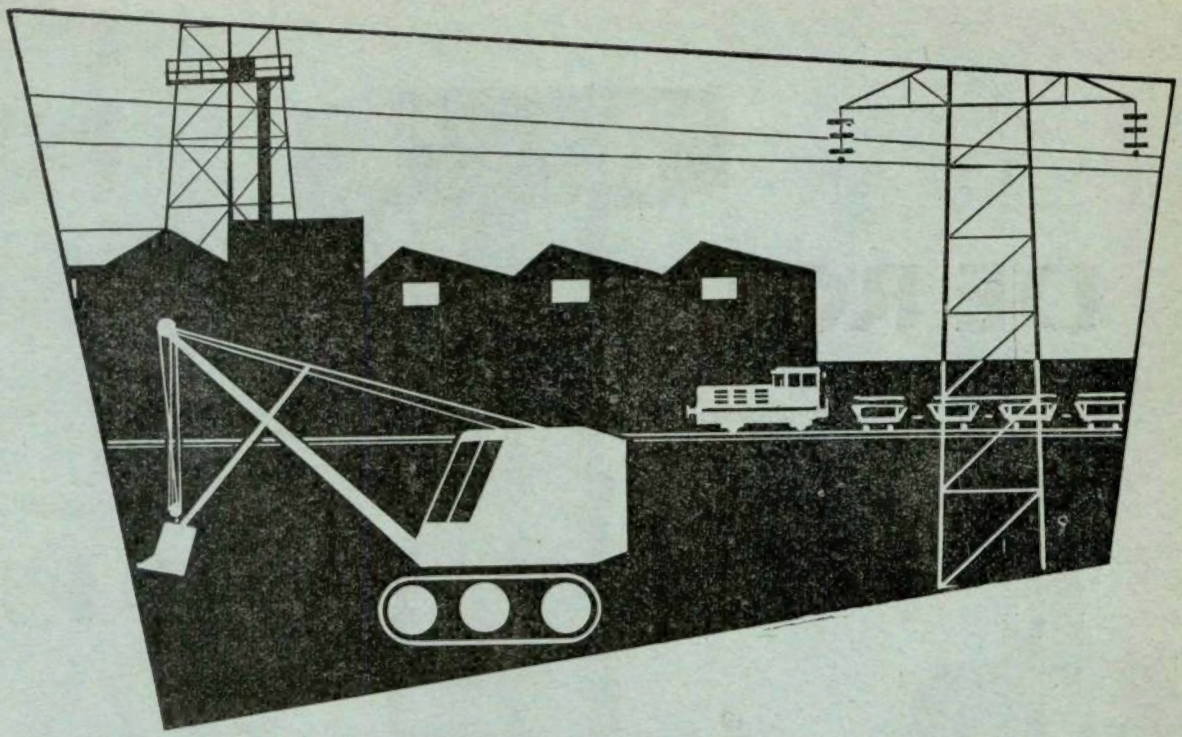
Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento

Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA


DE ROLL
Máquinas
para as indústrias
de produtos
químicos,
alimentares
e cerâmicos
VON ROLL
aço esmaltado
fundição
esmaltada
Klus (Suiça)
DE ROLL Fábricas de Klus
Representantes
em Portugal:
Socotel, L. da
Rua de
Sá da Bandeira,
651-4.° Esq.
Porto-Tel. 27013



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS, ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

Celulite

ISOLAMENTO
TÉRMICO DAS
CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS
FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS
INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. ✦ RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.° ✦ TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços,
paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE
TACOS DE MADEIRA

TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.°-LISBOA

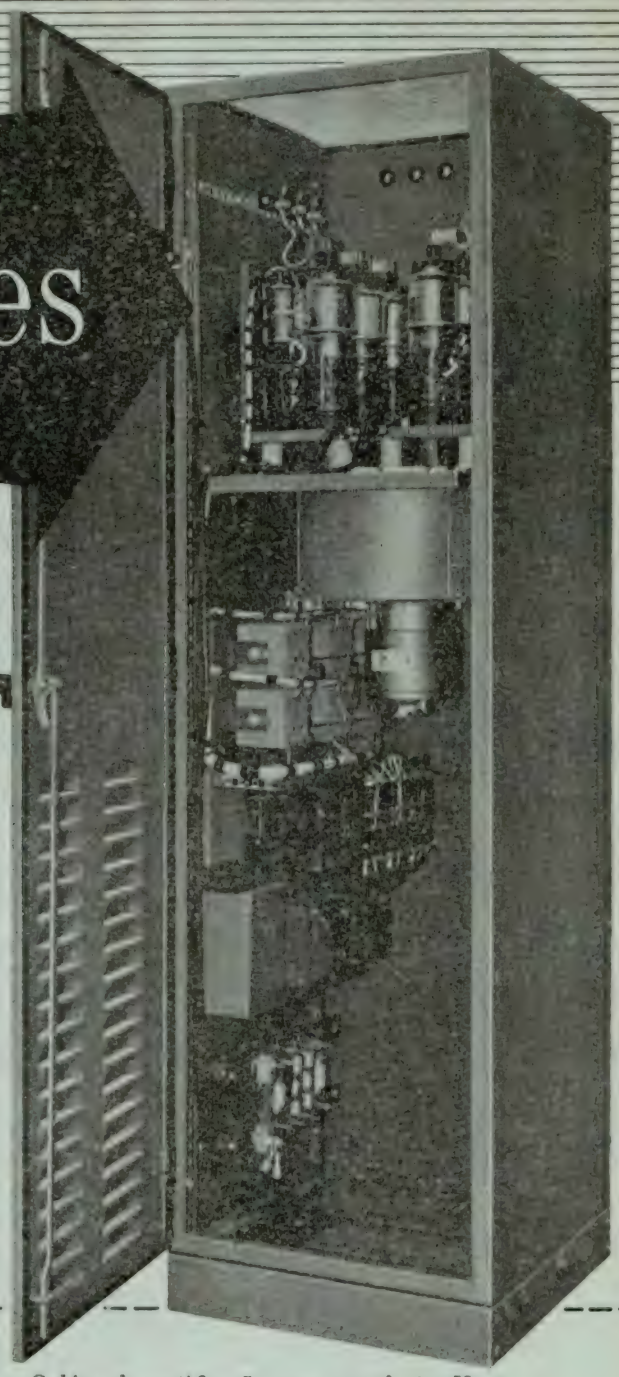
FÁBRICA EM SACAVÉM

Excitrões

para aplicações industriais

Equipamentos completos de corrente contínua e válvulas rectificadoras

- *Simplicidade*
- *Compacidade*
- *Longa duração*
- *Baixo custo*



Cabine de rectificação para 200 A, 600 V

'ENGLISH ELECTRIC'

ENGLISH ELÉCTRICA DE PORTUGAL, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara) — LISBOA 3

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A

TELEF. 47812-50129

LISBOA

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA

LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649

PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

SONDAGENS RÓDIO, L.DA
LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º

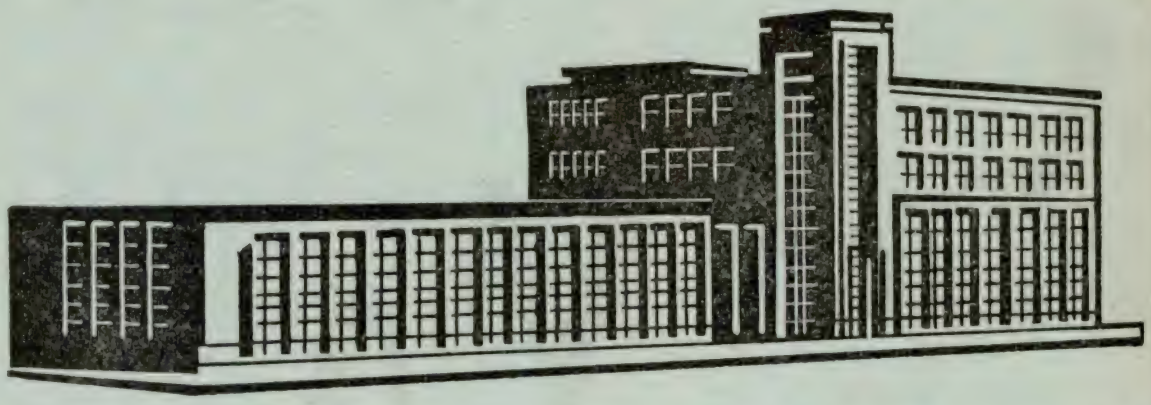
Telefones: 28685 - 26865 ✦ Telegramas: SETANSOL

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**



Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

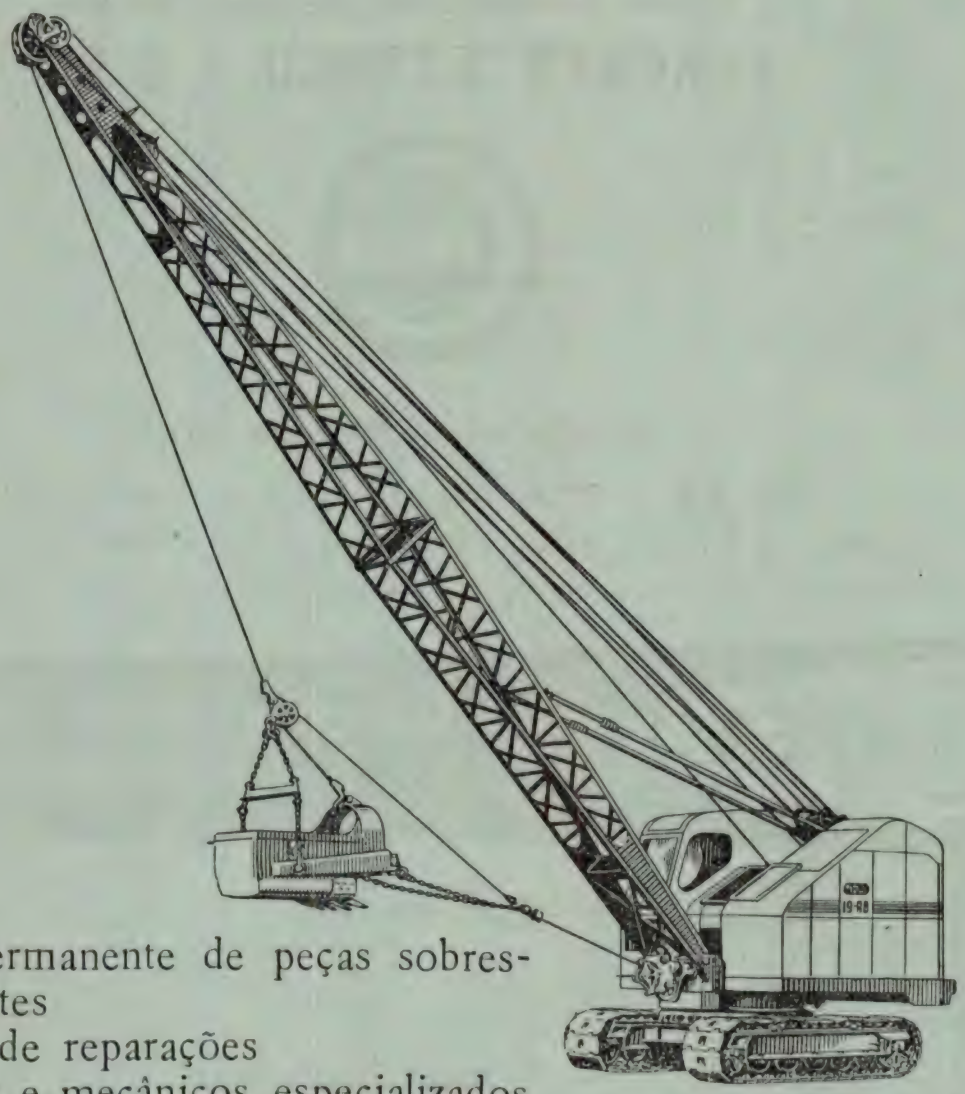
ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

ESCAVADORAS

RUSTON-BUCYRUS, LTD. E BUCYRUS-ERIE & CO.

Modelos de 3/8 a 36 jardas cúbicas



Stock permanente de peças sobressalentes
Oficina de reparações
Técnicos e mecânicos especializados
Ensino e treino de operadores

Representantes exclusivos para Portugal e Ultramar

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara)

LISBOA

LUANDA LOURENÇO MARQUES

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

A grande marca italiana

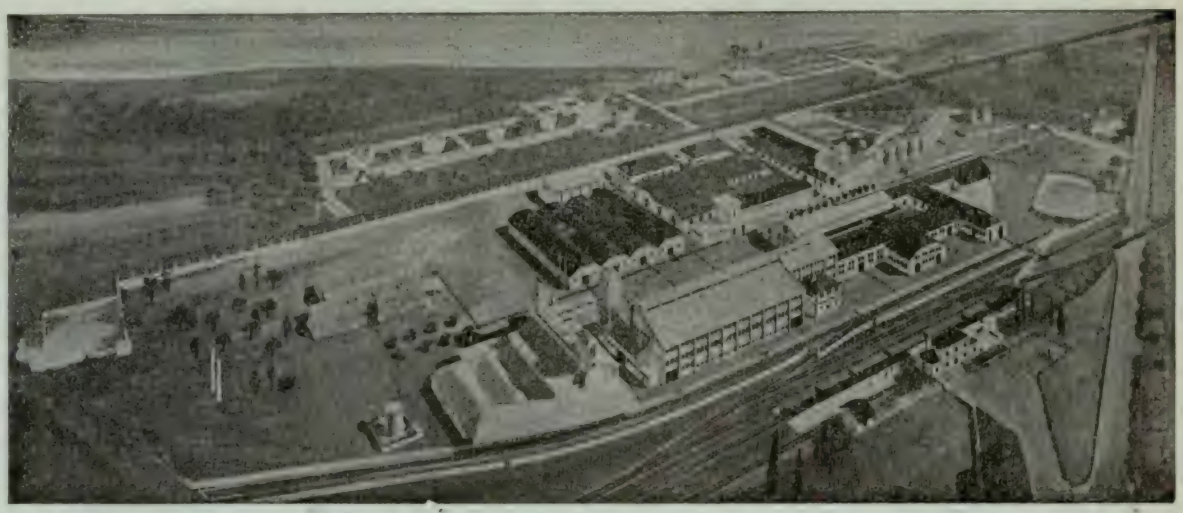
Representantes em Portugal

TELECTRA

EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S. A. R. L.

Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r/c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua dos Clérigos, 64
Tel. 2 48 18 — PORTO



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CALCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

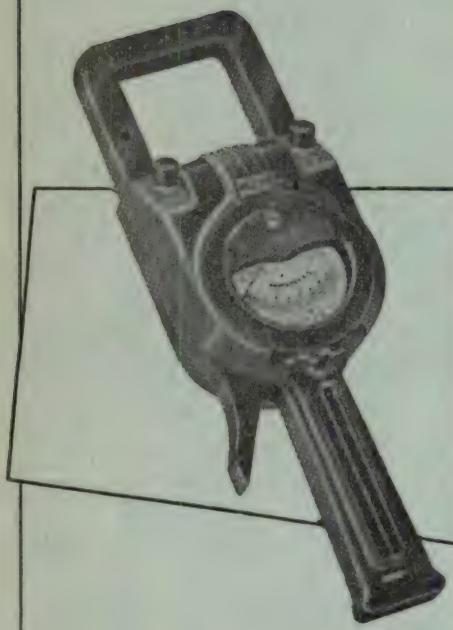
E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 67222

SEDE
Largo de S. Carlos, 4-2.º — LISBOA
Telefones 25343-29608-368989

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

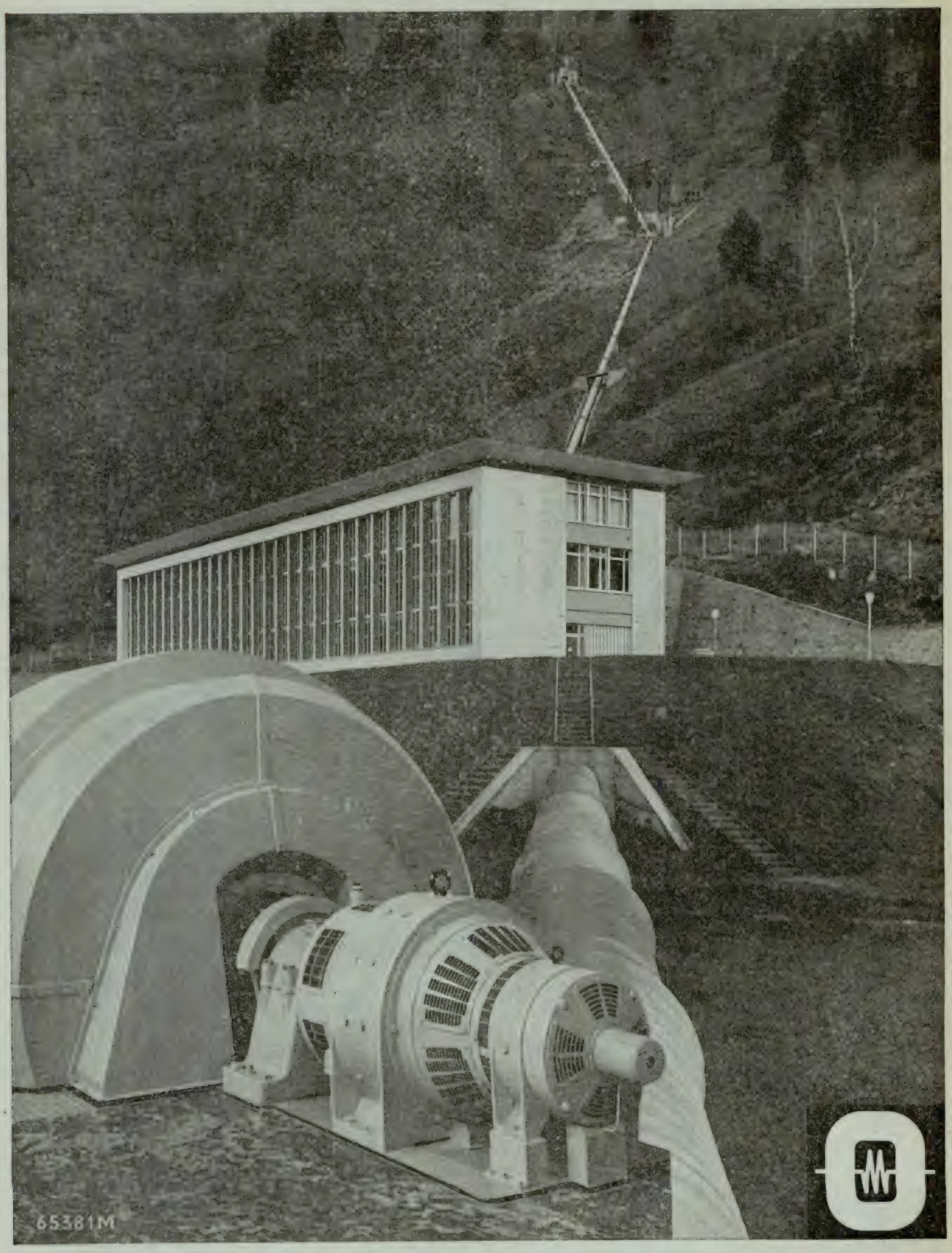
REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

Ateliers de Construction Oerlikon • Zurich 50



Para a Central de Lostallo/Mesolcina, OERLIKON forneceu o equipamento eléctrico completo, que compreende 2 alternadores de 13.750 kVA cada um, os transformadores, a subestação exterior e os quadros de comando

Representante para Portugal e Ultramar: Sociedade Michaëlis de Vasconcelos, Lda.

PORTO — Pr. da Liberdade, 114 LISBOA — Av. Marquês de Tomar, 94

TÉCNICA

DIRECTOR: JORGE GONÇALVES CALADO
ADMINISTRADOR: HENRIQUE TELLES ANTUNES
SECRETÁRIO: ANTÓNIO ALVES MACEDO

Ano XXXVI - N.º 309 Fevereiro de 1961

C. D. U. 331.753 [62]

Os parâmetros dinâmicos do progresso

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Director do I. S. T.

Numa conferência que proferi, há pouco tempo, (1) afirmei o seguinte:

«A Humanidade está a atravessar uma fase tremenda da sua História em que estão a desaparecer as fronteiras económicas e a aumentar os ataques ideológicos e, por isso, todas as nações se veem obrigadas a defender os seus direitos e o seu património.

«Mas têm de se defender com armas iguais às dos seus adversários, porque ninguém imagina ser possível vencer à pedrada um ataque de metralhadoras.

«E a arma mais eficaz na grande batalha económica e ideológica que já se está a travar é a força do progresso, a dar às nações um sentimento de auto-confiança nas possibilidades de defesa dos seus direitos espirituais e históricos.»

Não creio que a transcrição feita possa ser susceptível de suscitar grandes divergências; por isso, admitindo a sua validade total, passar-se-á imediatamente a seguir, à análise do progresso em si.

Sobre este ponto, transcrevo também uma passagem de outra conferência realizada anteriormente (2):

«Não se pode reunir um grupo indistinto de pessoas, entregar-lhe as armas mais modernas da Técnica e dizer-lhes: «Vamos fazer progresso!». E não se pode pela mesma razão, pela qual não se distribuem metralhadoras aos soldados sem um intenso treino militar, nem se faz fogo com peças de artilharia, sem haver pessoal especializado em todos os pormenores do seu manejo.»

Não julgo igualmente que esta frase possa ser objecto de opiniões contraditórias; no entanto, quero situá-la em relação a uma terceira afirmação que fiz (3) e que é fundamental no equacionamento do tema a tratar:

«.... não é a noção do progresso que está em causa, mas a maneira de lhe dar forma, dentro das estruturações científico-técnicas existentes.

«O progresso não é uma entidade abstracta, mas sim o somatório de criações concretas; por isso não resulta apenas de *atitudes*, mas fundamentalmente de *realizações*.»

Chegados a este ponto, pode pôr-se imediatamente a pergunta inevitável: Como se concretiza então o progresso? Ou por outras palavras: Quais são os parâmetros dinâmicos que tornam o progresso possível?

---

(1) «O Engenheiro Católico perante a Evolução da Técnica» em 20 de Novembro de 1960, na Associação dos Engenheiros Católicos. Publicada na revista «Binário», de Dezembro de 1960.

(2) «A Engenharia e a Organização» em 19 de Janeiro de 1960, a convite do «Sindicato Nacional dos Empregados de Escritório do Distrito de Lisboa».

(3) «A Especialização e o Progresso», «Técnica» n.º 278, Janeiro de 1958, pág. 232.

Parece talvez que deva ser difícil dar-lhe uma resposta satisfatória, dada a enorme complexidade do problema que há que definir. No entanto, e de certo modo paradoxalmente, essa resposta é redutível a termos muito simples, que podem ser sintetizados como se indica a seguir.

Os parâmetros dinâmicos do progresso são:

Disciplina
Profissionalismo
Realismo
Energia
Eficiência

Pode ser que esta síntese seja decepcionante na medida em que a sua simplicidade esquemática corra o risco de ser identificada com falta de nível ou de precisão e, por isso, há que encarar, mais de perto, e em toda a extensão, a sua validade efectiva.

* * *

Numa primeira análise, é possível imaginar duas críticas fundamentais:

1) — Os parâmetros indicados são necessários mas não são suficientes.

2) — Esses parâmetros não são todos necessários.

Quanto à primeira, vai admitir-se *por hipótese*, que a sua formulação é de aceitar, o que aliás, não tem qualquer influência no desenvolvimento dos raciocínios subsequentes.

Quanto à segunda, vamos considerar separadamente as consequências de ser ou não verdadeira.

Se é verdadeira, somos conduzidos à conclusão de que é possível fazer progresso sem disciplina, sem profissionalismo, sem realismo, sem energia e sem eficiência. Se não é verdadeira, tira a cada um a possibilidade de ser indisciplinado, de ser amador, de ser fantasista, de ser indolente ou de ser ineficaz.

A alternativa posta não é totalmente correcta, sob o ponto de vista lógico porque, embora seja difícil imaginar um processamento do progresso que não se apoie sobre as cinco bases indicadas, não se pode pôr de parte o perigo de estar a fazer apelo a *super-homens*, se não houver o cuidado de estabelecer uma definição de conceitos que seja rigorosamente *realista*.

E isto, pela simples razão de não ser possível definir uma região ilimitada de compatibilidade de todas essas bases.

Com efeito, não é impossível imaginarem-se zonas de incompatibilidade entre a disciplina por um lado e o profissionalismo e a energia por outro; não é ilógico admitir que não seja sempre possível conjugar em absoluto a energia com o realismo ou a eficiência; nem parece ser absurdo que a eficiência possa ser condicionada por uma correlação eventual entre o realismo e a disciplina.

Mas, sendo assim, o estudo do problema reduz-se a procurar as condições de realismo das noções em jogo, isto é, a estabelecer cinco definições que dêem origem a um sistema de equações compatíveis entre si (1).

É evidente, no entanto, que não se podem criar conceitos deformados para satisfazer a determinados objectivos de ordem prática e, por isso, as definições a estabelecer terão de respeitar integralmente a verdade do seu significado corrente.

Este ponto já foi tratado anteriormente (2), tendo sido sistematizado do seguinte modo:

«A definição de normas a seguir, em qualquer domínio da actividade humana, resulta da resolução de um sistema de equações adequado, traduzido nos conceitos de base, sobre os quais essa actividade tem de ser estruturada.

---

(1) Este tema foi desenvolvido no artigo «O realismo nas decisões técnicas», publicado na «Técnica» anterior.

(2) «A projecção do espírito universitário», «Técnica» n.º 298, de Janeiro de 1960, pág. 189.

«É condição «sine-qua-non» para uma estruturação correcta que esse sistema de equações seja determinado, ou pelo menos não incompatível. E por essa razão, a estruturação deixa de ser válida quando se acrescenta como condição obrigatória, qualquer equação que não satisfaça ao sistema inicial.

«Pode dizer-se mesmo que, em linhas gerais, são as novas condições que se vão acrescentando ao sistema de partida, que dão origem às divergências de opinião e às dificuldades de chegar a uma solução determinada.

«Deve notar-se porém, que do ponto de vista matemático, não pode deixar de ser assim, porque uma nova equação só pode interessar ao sistema na medida em que introduzir novas variáveis; com efeito, se assim não for, ou é incompatível com as restantes ou é supérflua, isto é, não traduz qualquer conceito independente dos restantes.

«Mas a introdução de novas variáveis no sistema, conduz lògicamente a rever as equações já anteriormente aceites, porque nada há que possa garantir que elas possam continuar a exprimir-se ùnicamente nas variáveis primitivas».

E são as novas variáveis que devem intervir nas definições a dar para as tornar compatíveis no conjunto, que vão constituir o objectivo do estudo que estamos a fazer.

* * *

A definição de um conceito realista de *disciplina* envolve um certo número de dificuldades que resultam de duas causas fundamentais:

1) — Há quem considere que a disciplina é incompatível com a personalidade, a iniciativa e o trabalho de criação.

2) — Há quem entenda que a disciplina presupõe um acordo prévio sob o ponto de vista lógico (1).

Não há qualquer inconveniente para a sequência do artigo que estas opiniões possam ser de aceitar; mas o que não é de aceitar com certeza, é que um dirigente possa ver a sua acção limitada pelo espírito de independência dos seus subordinados, ou possa ser condicionado permanentemente por uma análise crítica das suas decisões.

E não é de aceitar porque, sendo qualquer acção directiva constituída por um determinado conjunto de elos, se tem de admitir como condição «sine-qua-non» de sucesso, que as instruções relativas a cada um, sejam fiel e integralmente cumpridas.

Acontece porém que se tem de admitir, também por hipótese, que as instruções dadas possam não ser correctas e, nessas condições, o respeito pela disciplina no seu sentido restrito pode não ser o procedimento que mais se ajusta ao interesse da colectividade.

Simplesmente a acção correctiva exercida sobre essas instruções pode ser introduzida com base em duas atitudes diametralmente opostas:

1) — Especulando sobre as imperfeições que possam conter.

2) — Sugerindo alterações fundamentadas.

A primeira atitude traduz uma fórmula de indisciplina; a segunda representa a viabilidade de definir uma disciplina num sentido lato, que pode ser tradutível nos termos seguintes:

A disciplina no sentido lato consiste no cumprimento rigoroso das instruções recebidas, pondo ao seu serviço, no aspecto construtivo, as qualidades próprias de lógica, de iniciativa e de capacidade criadora.

Talvez seja necessária uma certa dose de humildade para aceitar a disciplina neste sentido, mas isso não é senão uma das facetas do espírito de sacrifício que a Sociedade espera de cada um de nós.

Deve notar-se que o objectivo destas considerações não é pròpriamente fazer uma apologia dos dirigentes incompetentes, porque na conferência que atrás citei (2), tive ocasião de afirmar, a propósito do *profissionalismo*:

---

(1) Este assunto está mais pormenorizadamente tratado num artigo a publicar com o título «Psicologia e Relações Humanas».

(2) «O Engenheiro Católico Perante a Evolução da Técnica».

«A consciência da importância do profissionalismo ao nível da especialização científica e técnica é talvez o conceito fundamental do progresso económico dos nossos dias.

«Mas essa consciência não pode ser um sentimento individual das pessoas que, pela força das circunstâncias, se dedicam às carreiras científicas e técnicas. Tem de ser, pelo contrário, uma consciência colectiva que leve a Sociedade a acreditar na Ciência e na Técnica, não na atitude de condescendência de quem tolera, por especial favor, a sua intervenção na estrutura da vida moderna, mas num propósito de colaboração, que conduza no aspecto prático, a um progresso efectivo.

«E talvez seja este o ponto em que a responsabilidade do engenheiro católico é maior. Tem de utilizar toda a sua influência para convencer uma Sociedade que condena a Ciência e a Técnica, mais por comodismo do que por reflexão, de que, sem um intenso espírito de sacrifício, para atingir um profissionalismo sólido e produtivo não é possível adquirir as condições de concorrência, que as novas fórmulas de intercâmbio económico vão impondo.

«Tem de utilizar toda a sua influência para demonstrar que os pretensos perigos morais e sociais que podem resultar do progresso técnico, não são em geral, mais do que fantasmas, na imaginação de algumas pessoas que não têm coragem de encarar o problema de frente.

«Tem de utilizar toda a sua influência para incutir aos novos a ideia de que a sua maior ambição profissional deve ser a de saberem cumprir bem. E tem de constituir por si próprio, um exemplo digno de ser imitado, quer pela sua competência profissional, quer pelo seu entusiasmo pelo trabalho, quer pela sua persistência nas dificuldades.

«Visto o problema sob um ângulo diferente, acreditar na Ciência e na Técnica e, por extrapolação, acreditar no profissionalismo sob a sua forma mais genérica, não constitui apenas uma prova de confiança nos resultados materiais que proporcionam, mas é uma forma de sentir a necessidade de que os lugares directivos sejam desempenhados apenas por pessoas competentes capazes de «optimizarem» a actuação das diferentes facetas desse profissionalismo».

Parece pois que não é posta em dúvida a necessidade de que os dirigentes sejam competentes; apenas se discute que se justifique a indisciplina, quando eles o não são.

O problema do *realismo* exige, além da capacidade de procurar sistemas de equações que não sejam incompatíveis, a defesa contra o maior inimigo que a lógica encontrou em todos os tempos, e que na nossa época, prolifera de uma maneira assustadora tornando-se quase um substituto do raciocínio. Esse inimigo que tem, de certo modo, uma aparência inofensiva e atraente, constituiu o que se designa correntemente pelo termo de «slogan».

O «slogan», como forma publicitária, tem uma função económica definida e satisfaz à estrutura psicológica dos consumidores. Mas como meio de equacionamento dos grandes problemas humanos, parece ser perfeitamente indicado para encabeçar o célebre texto de Sterbini:

«. . . é un venticello, un auretta assai gentile; che insensibile, sottile, leggermente, dolcemente, incomincia a sussurar. Piano piano, terra terra, sotto voce sibillando, và scorrendo, và ronzando nelle orecchie della gente, s'introduce destramente, e le teste ed i cervelli fà stordire e fa gonfiar. Dalla bocca fuori uscendo, lo schiamazzo và crescendo; prende forza poco a poco, scorre già di loco in loco, sembra il tuono, la tempesta, che nel sen della foresta, va fischiando, brontolando, e ti fa d'orror gelar. Alla fin trabocca e scoppia, si propaga e si raddoppia, e produce una esplosione come un colpo di cannone, un tremoto, un temporale, un tremoto generale che fa l'aria rimbombar.»

E é por esta razão que só se consegue ser verdadeiramente realista, à custa de uma estrutura lógica que consiga sobrepôr-se ao campo de forças complexo e caprichoso a que os «slogans» dão origem. Aliás, o perigo dos «slogans» não reside apenas no seu conteúdo intrínseco mas também na sua mutabilidade através dos tempos, de modo a acompanharem com regularidade, as conveniências de cada momento.

Por outro lado, há que distinguir o realismo no aspecto passivo ou no aspecto activo. O primeiro corresponde fundamentalmente a uma forma de defesa em relação às responsabilidades, enquanto que o segundo representa um plano de polarização na concretização prática da energia de actuação.

É este segundo aspecto que interessa na estruturação do progresso, porque, no passado, a missão de um dirigente consistia fundamentalmente em coordenar as formas de energia existentes enquanto que no momento presente, a sua função principal é a de criar as fontes de energia para o trabalho dos outros.

Quando se fala em *energia* suscita-se naturalmente uma certa estranheza por não se ter empregado a palavra mais usual de «dinamismo»(1); no entanto, o facto é intencional para evitar aqueles casos em que o «dinamismo» é tomado apenas no sentido de «cinematismo».

Com efeito, «realizar» envolve a ideia de «imprimir movimento» e, por isso, uma realização qualquer dá sempre origem a uma determinada «força de inércia» do meio em que tem de ser levada a efeito.

Deste modo, só é possível fazer face às forças de inércia que se criam — e que são tanto maiores quanto mais rápidas as realizações, — à custa de uma quantidade de energia suficiente, parte empregada sob a forma potencial e outra parte sob a forma cinética.

Atendendo a que a energia cinética faz intervir uma massa e uma velocidade, a energia total de actuação tem de ser encarada em função de três grandezas de base: Os dois factores da energia cinética e a energia potencial. Como por outro lado, a energia cinética é o produto de dois factores, uma velocidade elevada não conduz necessàriamente a um valor apreciável dessa energia.

Por todas estas razões, uma atitude calma e repousada a redigir uma carta que tenha uma interferência marcada num determinado processo em curso, pode representar uma forma de dinamismo muito mais real do que uma actividade febril durante um dia inteiro de trabalho. Esta segunda forma de actuação pode não revelar senão um indivíduo «cinemático», o qual, se utilizarmos a linguagem da literatura desportiva, corre constantemente durante os noventa minutos de jogo, mas não consegue fazer jogadas que sejam produtivas.

Mas mesmo que o conceito de energia seja entendido, em si, no sentido mais conveniente, não se pode pôr de parte a necessidade de que a sua utilização se faça com *eficiência* porque, em boa verdade, não vale a pena estar a criar fontes de energia se não houver o cuidado de as aplicar num sentido útil, que não venha a neutralizar as instruções recebidas, nem a destruir a herança acumulada do passado. Aliás, não se trata apenas duma atitude de boa vontade, mas também e, talvez principalmente, de um problema de nível técnico de actuação.

O conceito de eficiência anda ìntimamente ligado ao problema da consolidação dos resultados parcelares atingidos. Por outras palavras, os actos elementares do progresso devem ser consistentes, no sentido de representarem níveis energéticos que, uma vez atingidos, são estáveis por si próprios.

Para concretizar melhor esta ideia, vamos supor que o esforço do progresso pode ser representado pela ascensão ao longo de um plano inclinado em que há que atingir o ponto mais alto. E vamos admitir em seguida, que por qualquer circunstância, não houve energia suficiente para ultrapassar um ponto intermédio.

Nessas condições, perdeu-se o trabalho feito e voltou-se ao ponto de partida, o que significa uma eficiência nula.

Mas nada nos impede de evitar que isso aconteça se substituirmos o plano inclinado por uma escada, na qual cada degrau represente um progresso incremental; e então, se for necessário parar num ponto intermédio, o nível atingido mantém-se, o que origina uma eficiência superior a zero, em relação ao conjunto e uma eficiência total em relação a cada degrau. O trabalho pode ser recomeçado mais tarde, sem se perder pràticamente nada do esforço anterior.

É por isso, que a acção directiva tem de ser alicerçada na preocupação de procurar permanentemente motivos infinitesimais de progresso, de êxito garantido, que conduzam, pela sua integração, a níveis estáveis sucessivamente crescentes sobre os quais se torne cada vez mais simples e eficaz o processamento das grandes linhas gerais de evolução.

---

(1) Este assunto está mais pormenorizadamente tratado num artigo a publicar com o título «O Dinamismo nas Realizações Técnicas».

Mas, para atingir este objectivo, a eficiência tem de surgir como a consequência última de uma subordinação total à disciplina, ao profissionalismo, ao realismo e à energia e representa portanto, o objectivo final a atingir por todos aqueles que querem colaborar, *efectivamente*, no processamento do progresso. Tudo está em saber se a vontade de colaboração se alicerça sempre nas bases realistas que vêm a ser expostas.

* * *

Começou-se este artigo por se fazer referência ao «desaparecimento das fronteiras económicas» e ao «aumento dos ataques ideológicos», como sendo as duas motivações de base que obrigam as nações a «defenderem os seus direitos e o seu património».

Na realidade, são os problemas económicos e ideológicos que criam o campo de forças em que as nações têm de se movimentar. Esse campo de forças, se bem que tenha uma resultante única, é constituido por dois campos distintos, o primeiro derivado do potencial dos interesses comerciais e o segundo do potencial dos interesses políticos.

Estes dois potenciais de origem tornam esses campos enormemente difíceis de dominar, dado que sobre eles imperam respectivamente os espectros da «concorrência» e do «slogan», o primeiro a exercer as suas ameaças em relação aos preços de produção e o segundo a condicionar às circunstâncias acidentais, a validade intrínseca das conclusões lògicamente estruturadas.

Apesar de distintos, estes dois campos estão indirectamente relacionados porque, se por um lado, a estrutura política implica o apoio de uma base económica, por outro lado, é ilusório supor que o progresso económico se possa processar indefinidamente, sem um suporte adequado de defesa no domínio político, traduzido, sob o ponto de vista prático, na existência de forças militares.

O Homem de hoje, esquecido de que o seu standard de vida não surgiu espontâneamente, mas resultou das conquistas acumuladas lentamente pelas gerações que o antecederam, está a deixar-se inebriar aos poucos, por «slogans» de «pacifismo», ou por mera ingenuidade — porque, realmente não são os mortos das gerações passadas que o podem defender — ou então por «perspicácia» de previsão — se julgar que lhe é possível aceitar com segurança, a fórmula comodista de «après moi le déluge».

É mais um «slogan» e este já antigo de dois séculos. E talvez não seja inoportuno recordar que o seu autor morreu inesperadamente com um ataque de bexigas; por acaso, já era velho nessa altura mas, se fosse novo, talvez lhe tivesse acontecido exactamente o mesmo — ou não fossem as «bexigas» uma forma de imprevisto como outra qualquer.

Uma variante particular do conceito de pacifismo é a atitude designada correntemente pela expressão de «não fazer ondas», a qual não está já vinculada necessàriamente a um fenómeno político mas se faz sentir principalmente no exercício da actividade individual.

O «après moi le déluge» transforma-se então numa aceitação passiva de condições de rendimento deficiente, desde que a responsabilidade dessas condições possa ser localizada, de maneira garantida, num escalão hierárquico mais elevado.

O Director de uma Escola Superior foi procurado por um assistente, que tinha sido recentemente nomeado, o qual lhe disse que com as insuficientes dotações que havia para material de laboratório, lhe era impossível fazer um ensino prático eficaz. O Director respondeu-lhe que felizmente o problema não se punha porque ele se comprometia a adquirir todo o material que fosse requisitado. O assistente olhou para ele com uma cara contrariada; afirmou que era necessário fazer um estudo cuidadoso do assunto e, segundo parece, nunca chegou a estabelecer qualquer requisição.

O facto não é inédito e por isso mesmo, constitui em si, um fenómeno de uma gravidade excepcional. Quando eu era mais novo, acreditava que não fosse muito de louvar o hábito de «desapertar para a esquerda»; mas hoje estou cada vez mais convencido de que é muito mais grave a tendência para «desapertar para a direita», numa transferência sistemática e comodista da responsabilidade dos insucessos, das anomalias ou das faltas de iniciativa.

Há quem desenvolva exposições brilhantes sobre determinados problemas, mas que não consiga responder aos pedidos de concretização; há quem chame a atenção para determinadas deficiências,

mas que não seja capaz de propor soluções para as remediar; há quem proponha soluções aparentemente perfeitas sem averiguar se são compatíveis com todos os dados da conjuntura geral; há quem se queixe da falta de direitos, mas só aproveite, em pequena escala, os direitos de que dispõe; há quem lamente a ausência de inconformismo dos outros, mas se mantenha por norma, numa situação de prudente expectativa; há quem seja capaz de apoiar e de explorar críticas mais ou menos fundamentadas, mas se encha de escrúpulos quando tem de formular uma acusação directa; há quem se preocupe muito com o funcionamento do serviço dos outros mas que não tenha uma preocupação equivalente em relação ao funcionamento dos seus próprios serviços; há quem censure a falta de colaboração, mas não tenha hesitações em destruir, por sistema, os resultados do trabalho alheio.

Tudo isto são fórmulas indirectas de transferência de responsabilidade, a fazerem recair sobre poucos, o que, na realidade, é tarefa de todos.

O País reclama o concurso de todos nós. Não um concurso passivo de quem está indiferente à espera de instruções para actuar, mas um concurso activo, traduzido no cumprimento dedicado das missões que a cada um são confiadas.

Nós temos de ter a coragem de deixar de ser modestos e de sermos capazes de nos sujeitarmos a enfrentar com sinceridade, perguntas como estas:

— Em que domínios sou mais competente do que os outros?
— Em que actividades consigo ser particularmente eficaz?
— Em que realizações imponho as minhas qualidades de iniciativa?
— Em que campos de acção me considero capaz de chegar a soluções mais perfeitas do que aquelas que se adoptam?
— Em que métodos baseio o êxito do meu dinamismo de acção?
— Em que acontecimentos demonstro a minha capacidade de visão a longo prazo?
— Em que extensão apresento os resultados actuais das ideias que lancei ao passado?

Neste momento evolutivo da História, o que custa não é ser modesto, numa atitude repousada de julgar os outros. O que custa é ser vaidoso, numa exibição ostensiva das qualidades pessoais e profissionais que são postas incondicionalmente ao serviço da Colectividade.

E custa porque, por cada qualidade enunciada se contrai voluntàriamente uma responsabilidade em relação à Sociedade, que pode passar a ter o direito de exercer uma acção crítica permanente em relação aos resultados práticos da nossa actuação.

Apesar de tudo, a consciência de contribuir para fornecer à Nação, um inventário dos recursos humanos com que pode contar para a defesa da sua integridade, será talvez uma compensação suficiente dos sacrifícios individuais, a que, bem vistas as coisas, ninguém, na nossa época, tem o direito de se eximir.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País*

DEZEMBRO

I — Breve nota mensal

Sob o ponto de vista hidrológico, o mês de Dezembro apresentou-se muito acima da média. Após um período de funcionamento experimental, foi entregue à exploração no dia 28 o 1.º grupo (60 MVA) da central de Miranda da HED.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1959	1960	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	265,0	302,8	+ 14
Produção térmica (P_t)	3,1	0,0	— 100
Produção total (P_T)	268,1	302,8	+ 13
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) . .	61,7	64,7	+ 5
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) . .	206,4	238,1	+15,4 (1)

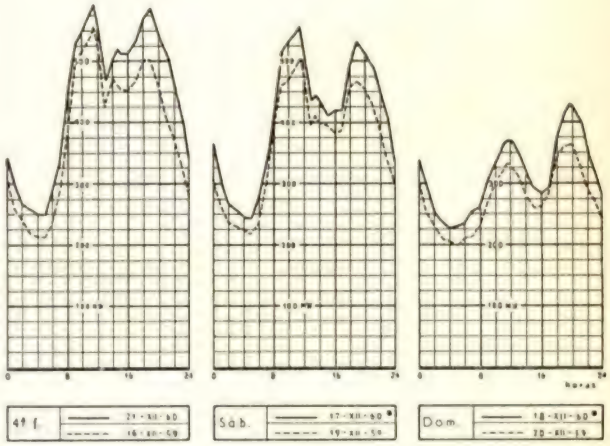
b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1959 e 1960

	1959	1960	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	2775,4	3006,9	+ 8
Produção térmica (P_t)	19,3	43,3	+124
Produção total (P_T)	2794,7	3050,2	+ 9
Produção para consumo não perman. (P_{cnp}) . .	690,6	633,4	— 4
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) .	2104,1	2386,8	+13,4 (1)

NOTA (1): O aumento percentual da produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, foi respectivamente de 13,3 e 12,3 %.

III — Diagrama de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 16-12-959	4.ª feira: 21-12-960
Produção hidráulica (P_h) — MWh	9524	10825
Produção térmica (P_t) — MWh . .	143	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	9667	10825
Produção para consumos não permanentes — MWh.	1990	2027
Utilização da ponta (U) — horas	17,4	18,3
Factor de carga (a)	0,73	0,76
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,38	0,42



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês GWh	No fim do mês % (1)
Paradela	222,5	100,0
Venda Nova	86,8	67,8
Salamonde	23,7	85,9
Caniçada	24,5	74,0
Cabril	0,0	0,0
Castelo do Bode	153,5	94,2
Guilhofrei	8,3	100,0
Lagoa Comprida	32,3 (2)	98,3
Santa Luzia	60,3	97,9
Pracana	11,9	92,2
Póvoa	13,0 (3)	99,0
Total . . .	636,8	61,0

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

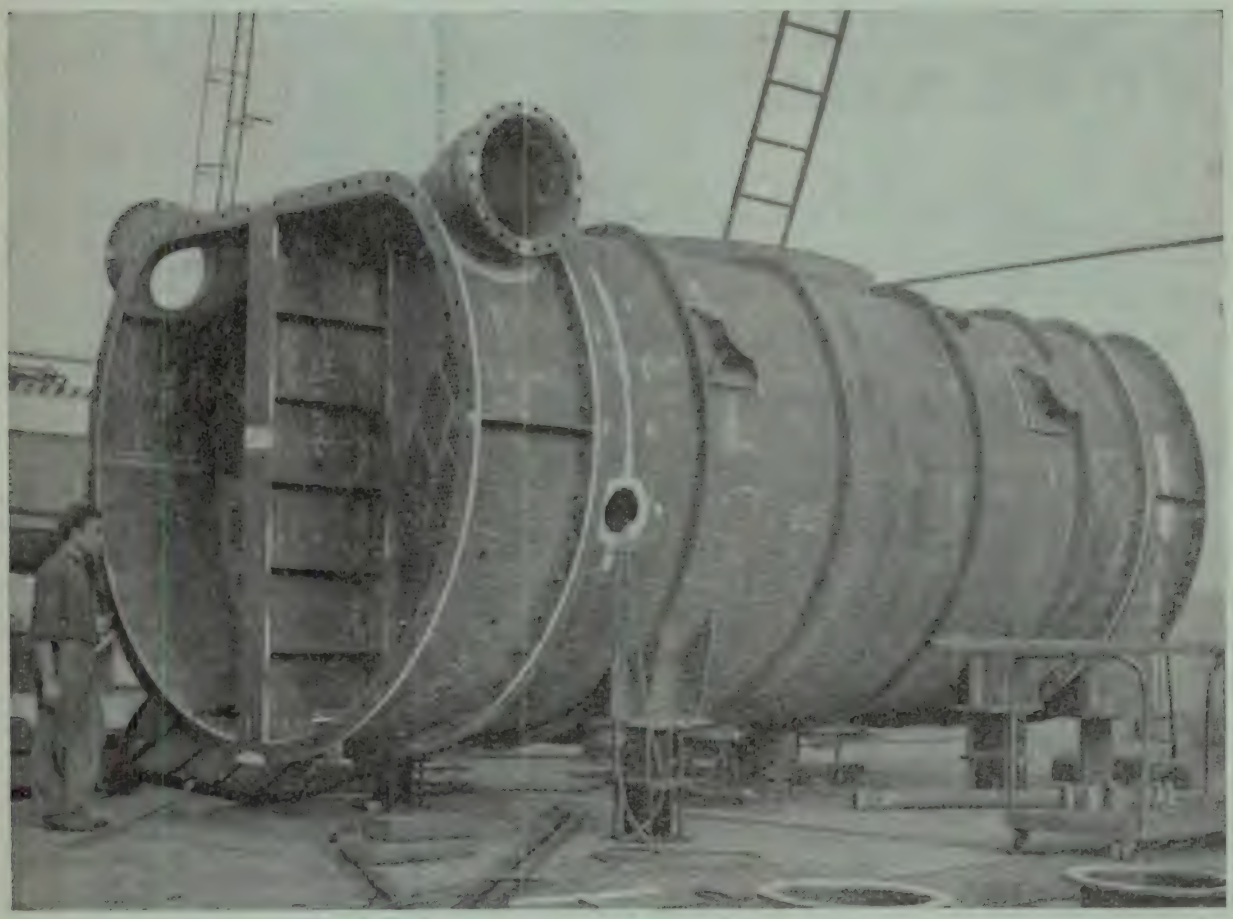
(2) Inclui 3,4 GWh armazenados em Vale do Rossim.

(3) Inclui 2,7 GWh armazenados no açude do Poio.

MAGUE

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS MAGUE, L.DA
(S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA)

Alverca — Portugal



Aspecto de um Condensador para um Grupo de 15 MW destinados à Central Térmica de Lourenço Marques

•

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

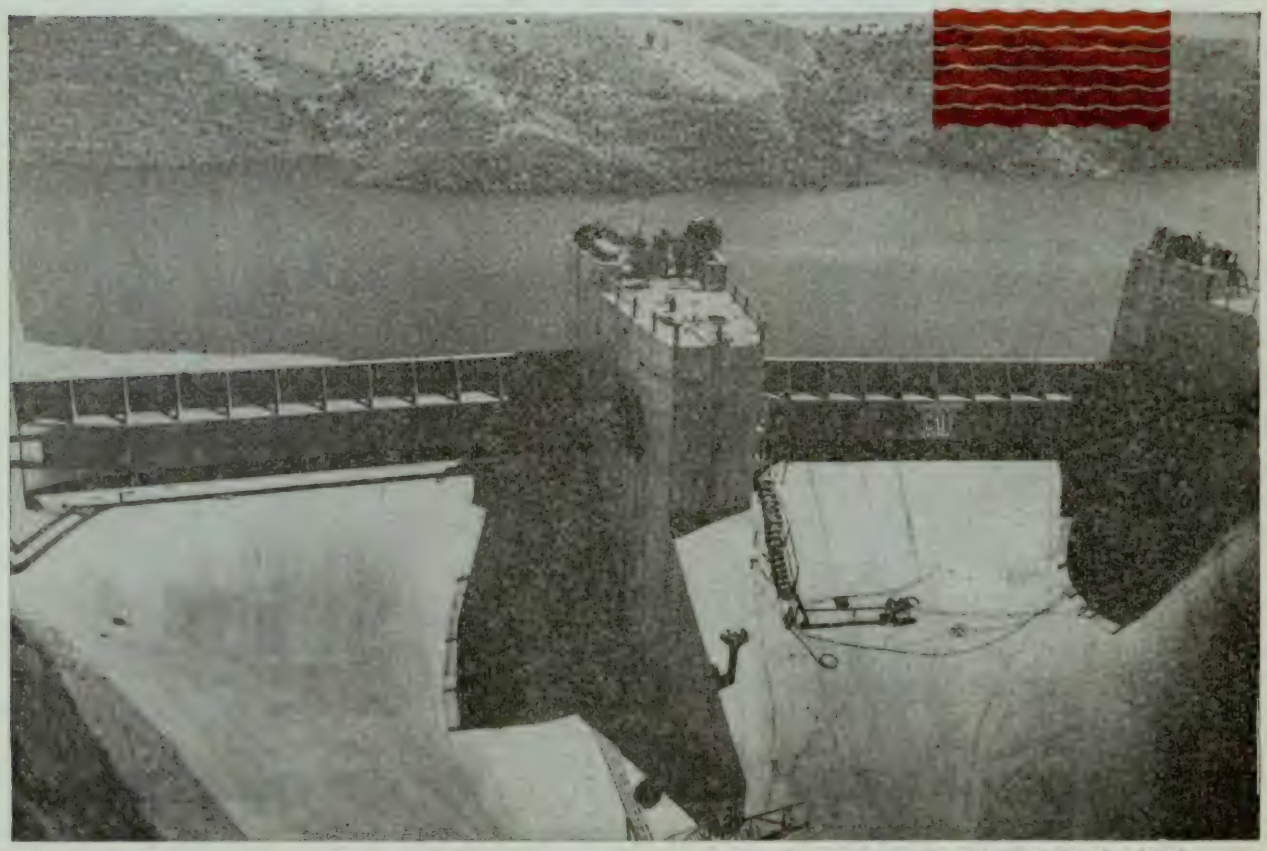
COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
BLINDAGENS

DIVISÃO METALO-MECÂNICA

COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170 — LISBOA

comporta da barragem do Maranhão construída pela companhia união fabril



C. D. U. 621.396.61

ESTUDO DUM GERADOR ELECTRÓNICO DA SUB-HARMÓNICA f/2

Pelo Eng.º Electrotécnico (I. S. T.) JOÃO F. BORGES DA SILVA
Assistente do I. S. T.
Bolseiro do I. A. C.

O presente trabalho é, sem grande alteração, o mesmo que apresentámos para obtenção do Diploma a que se refere o artigo 44 do Regulamento do Instituto Superior Técnico.

Antes de iniciarmos a sua publicação desejamos manifestar ao Ex.mo Sr. Professor Doutor-Eng.º Carlos Ferrer Moncada o nosso agradecimento pelo valioso conselho e vivo interesse com que acompanhou este estudo, tendo-nos facultado a utilização do Laboratório de Medidas Eléctricas do I. S. T. para a realização da sua parte experimental.

Desejamos igualmente agradecer ao Ex.mo Sr. Professor Eng.º Manuel de Abreu Faro as utilíssimas indicações sobre bibliografia que nos proporcionou.

Às entidades que superiormente dirigem, o Laboratório de Telecomunicações do I.S.T., o Laboratório de Electrónica do C. E. E. N. e o Laboratório Central Electrotécnico queremos também exprimir o nosso reconhecimento pela cedência de alguns instrumentos utilizados no estudo experimental.

CAPÍTULO I

Introdução

1 — Objectivo do trabalho

Existem circuitos contendo tubos electrónicos capazes de gerarem oscilações electromagnéticas, de forma aproximadamente sinusoidal, cuja frequência é uma fracção 1/n (1) da frequência duma oscilação de origem exterior, também sinusoidal, que é imposta a esses circuitos.

Designaremos um circuito deste tipo por «gerador da sub-harmónica f/n». A oscilação gerada será designada por «sub-harmónica» e a oscilação imposta por «sinal sincronizante». Estas duas oscilações têm, além duma relação definida entre as frequências, uma posição relativa no tempo bem determinada.

O objectivo deste trabalho é esclarecer o funcionamento dum tipo de gerador da sub-harmónica f/2.

2 — Modo de funcionamento do gerador de sub-harmónica estudado

O gerador de sub-harmónica, cujo esquema básico é o da Fig. 1, tem como elemento fundamental um circuito oscilante com capacidade e auto-indução.

A frequência de ressonância ω_0 do circuito oscilante é vizinha da frequência ω da sub-harmónica gerada.

No modo de funcionamento habitual, a situação de repouso (1) é estável na ausência de sinal sincronizante. Isto significa que tendo sido o sistema desviado do estado de repouso e abandonado de novo a si próprio, ele regressará ao estado inicial através duma oscilação que se amortece exponencialmente com o tempo.

Quando se aplica o sinal sincronizante a situação de repouso torna-se porém instável, pois estabelecem-se condições que permitem aos tubos ceder energia ao circuito oscilante, desde que nele surja uma oscilação, por pequena que seja a sua amplitude, contanto que tenha a fase apropriada.

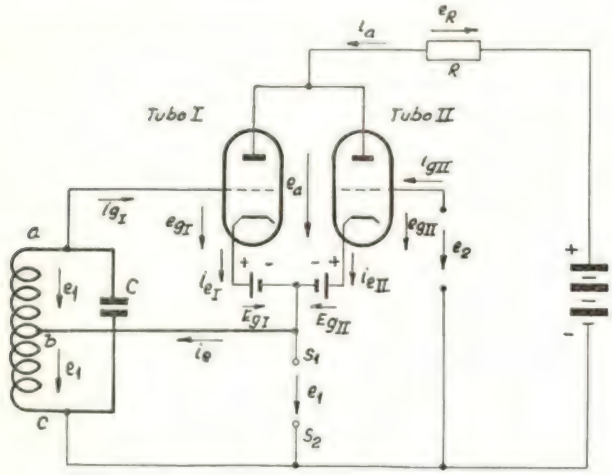
Esta instabilidade conduz a uma oscilação cuja fase estará rìgidamente ligada à do sinal sincronizante e que tem exactamente metade da frequência.

Retirando o sinal sincronizante a sub-harmónica amortece-se, regressando o sistema à situação de repouso.

(1) *n* número inteiro.

(1) A situação de repouso corresponde a ter-se tensão nula no condensador e uma certa corrente contínua percorrendo a metade inferior da bobine. Esquema da Fig. 1

O comportamento descrito pode encarar-se como uma auto-excitação condicionada, quanto à sua possibilidade e quanto à fase das oscilações a que conduz, pelo sinal sincronizante.



e_1 Sub-harmónica de frequência ω.

e_2 Sinal sincronizante de frequência 2ω

Fig. 1

Noutro modo de funcionamento, possível com o mesmo esquema de ligações por simples modificação de parâmetros, o sistema é instável, mesmo na ausência de sinal sincronizante, funcionando então como oscilador auto-excitado e livre de frequência ω_0. Aplicando o sinal sincronizante criam-se porém condições que forçam a oscilação a acompanhar a fase do sinal sincronizante e a ter exactamente metade da sua frequência.

Quando se retira o sinal sincronizante a oscilação retoma a frequência ω_0 da auto-excitação livre.

Este outro modo de funcionamento pode encarar-se como a sincronização sub-harmónica dum oscilador auto-excitado.

A teoria de funcionamento que mais adiante desenvolvemos trata das duas possibilidades apresentadas que na realidade não são fundamentalmente distintas.

No sistema em estudo a oscilação sub-harmónica é, do ponto de vista energético, sustentada pelos tubos que actuam como conversores de energia cuja fonte primária é a bateria anódica. O sinal sincronizante desempenha ùnicamente uma função de comando.

A possibilidade que se verifica de poder intervir num regime de frequência ω por intermédio de um comando com uma frequência diferente, neste caso dupla, aparece devido à não linearidade das relações corrente-tensão dos tubos electrónicos.

Essa não linearidade tem portanto, nesta aplicação dos tubos, carácter essencial.

CAPÍTULO II

Propriedades do circuito oscilante

1 — Relações fundamentais

Consideremos o esquema de ligações da fig. 2 onde C e L são reactâncias puras sem perdas.

A capacidade C e a auto-indução L são constantes independentes do tempo e das tensões e correntes.

A letra e designa valores instantâneos das tensões e a letra i valores instantâneos de correntes.

No domínio dos fenómenos electromagnéticos quase estacionários verificam-se entre as grandezas indicadas no esquema da fig. 2 as seguintes relações:

$$i_c = C\frac{de}{dt} \qquad \text{II-1}$$

$$i_L = \frac{1}{L}\int e\,dt \qquad \text{II-2}$$

$$i = i_c + i_L \qquad \text{II-3}$$

onde t representa o tempo.

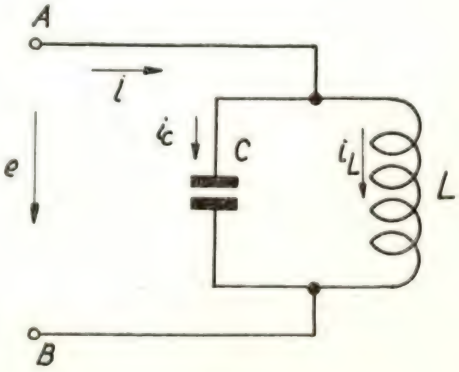


Fig. 2

2 — Oscilações quase sinusoidais

2.1 *Definição* — Consideremos a tensão entre os terminais do circuito da fig. 2 como dada e com a seguinte expressão:

$$e = E \cos (\omega t + \phi) \qquad \text{II-4}$$

Designaremos E por amplitude, ω por frequência e ϕ por fase. Estas três grandezas definem completamente a oscilação sinusoidal representada pela expressão II-4 e são constantes, independentes do tempo.

Interessa-nos, porém, o estudo de fenómenos que possam ser descritos por uma expressão como II-4 com ω constante mas em que E e ϕ são variáveis no tempo com suficiente lentidão para que seja útil interpretar a função II-4 como uma oscilação sinuosidal cujo carácter se modifica progressivamente com o tempo.

Designamos este tipo de oscilações por «oscilações quase sinusoidais».

2.2 *Oscilações quase sinusoidais na vizinhança dum instante t_0* — Tomemos um instante determinado $t = t_0$ e consideremos os valores E_0 e ϕ_0 que E e ϕ têm nesse instante:

$$E(t_0) = E_0 \qquad \phi(t_0) = \phi_0$$

Admitimos que as funções E (t) e ϕ (t) podem ser aproximadas, com suficiente rigor nos instantes que imediatamente se seguem a t_0, por um desenvolvimento em série de potências crescentes de $t - t_0$.

Fazendo $t - t_0 = \tau$ teremos:

$$E(t) = E_0 + \dot{E}_0 \tau + \ldots \qquad \text{II-5}$$

$$\phi(t) = \phi_0 + \dot{\phi}_0 \tau + \ldots \qquad \text{II-6}$$

onde

$$\dot{E}_0 = \left(\frac{dE}{dt}\right)_{t=t_0} \quad \text{e} \quad \dot{\phi}_0 = \left(\frac{d\phi}{dt}\right)_{t=t_0}$$

Vamos considerar vizinhanças suficientemente apertadas do instante t_0, tais que dentro delas, a consideração dos dois primeiros termos de II-5 e II-6 seja uma representação suficientemente boa de E (t) e de ϕ (t).

Para pequenos valores de τ a tensão representada em II-4 poderá escrever-se:

$$e = (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \cos (\omega t_0 + \omega \tau + \phi_0 + \dot{\phi}_0 \tau)$$

Seja $\alpha_0 = \omega t_0 + \phi_0$ que é uma constante e ainda $\omega' = \omega + \dot{\phi}_0$ que também é constante.

Obtém-se então, substituindo na expressão anterior:

$$e = (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \cos (\alpha_0 + \omega' \tau) \qquad \text{II-7}$$

Usando as relações II-1 e II-2 podemos determinar as correntes no condensador e na bobine usando a expressão II-7 para a tensão. Encontra-se então:

$$i_C = -\omega' C (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \operatorname{sen} (\alpha_0 + \omega' \tau) + C \dot{E}_0 \cos (\alpha_0 + \omega' \tau) \qquad \text{II-8}$$

$$i_L = \frac{1}{\omega' L} (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \operatorname{sen} (\alpha_0 + \omega' \tau) + \frac{1}{\omega'^2 L} \dot{E}_0 \cos (\alpha_0 + \omega' \tau) \qquad \text{II-9}$$

Note-se que as primeiras parcelas tanto de i_C como de i_L são as que teríamos obtido imaginando a tensão com amplitude igual ao seu valor instantâneo e calculando as correntes correspondentes como se se tratasse de grandezas verdadeiramente sinusoidais de frequência ω'. Estas parcelas estão em quadratura com a tensão, a de i_C em avanço, a de i_L em atraso.

Verifica-se, porém, que variando a amplitude da tensão com o tempo ($\dot{E}_0 \neq 0$) aparece, tanto em i_C como em i_L, uma parcela que está em fase com a tensão não obstante termos admitido serem o condensador e a bobine reactâncias puras.

Usando agora a expressão II-3 podemos escrever a expressão da corrente total do circuito:

$$i = (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \left(\frac{1}{\omega' L} - \omega' C\right) \operatorname{sen} (\alpha_0 + \omega' \tau) + \left(C + \frac{1}{\omega'^2 L}\right) \dot{E}_0 \cos (\alpha_0 + \omega' \tau) \qquad \text{II-10}$$

Tal como a expressão II-7, as expressões II-8, II-9 e II-10 são aproximações válidas para τ suficientemente pequeno.

3 — Potência activa e potência reactiva

3.1 *Definição para o caso das oscilações sinusoidais.* Supomos imposta nos terminais do circuito da fig. 3 uma tensão dada em valores instantâneos por:

$$e = E \cos (\alpha_0 + \omega t)$$

onde E, α_0 e ω são constantes no tempo.

O rectângulo z representa um sistema eléctrico qualquer com dois terminais acessíveis do qual exigimos ùnicamente que faça corresponder à tensão alternada sinusoidal imposta, uma corrente alternada igualmente sinusoidal e com a mesma frequência da tensão.

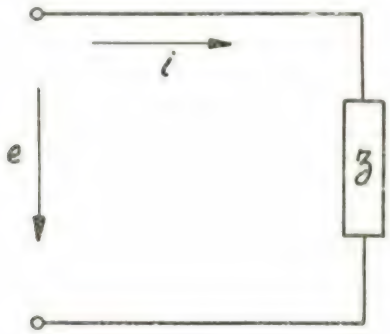


Fig. 3

A corrente será então dada pela expressão:

$$i = I \cos (\alpha_0 + \omega t - \beta)$$

onde β representa uma certa desfasagem entre tensão e corrente.

Define-se a potência activa P_a posta em jogo no circuito pelo seguinte valor médio

$$P_a = \frac{1}{T} \int_T i \,.\, e \, dt \qquad \text{II-11}$$

onde

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Com o emprego duma tensão auxiliar e_q dada por

$$e_q = E \operatorname{sen} (\alpha_0 + \omega t)$$

que tem portanto a mesma frequência e amplitude da tensão *e* aplicada, mas que está em atraso de $\pi/2$, podemos definir um outro valor médio que se designa por potência reactiva P_r

$$P_r = \frac{1}{T} \int_T i \,.\, e_q \, dt \qquad \text{II-12}$$

onde

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

3.2 *P_a e P_r no caso das oscilações quase sinusoidais* — Utilizando as expressões II-11 e II-12 para definir grandezas que continuaremos a chamar potência activa e reactiva, vamos calcular os respectivos integrais utilizando a tensão e a corrente expressas em II-7 e II-10.

Exigimos para isso que essas expressões sejam aproximações suficientemente boas desde $\tau = 0$ até $\tau = T' = \frac{2\pi}{\omega'}$.

Então as potências activa e reactiva do circuito da Fig. 2 quando entre os seus terminais existir a tensão quase sinusoidal expressa por II-7 serão dadas pelas seguintes expressões:

$$P_a = \frac{1}{T'} \int_{\tau=0}^{\tau=T'} i \,.\, (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \cos (\alpha_0 + \omega'\tau) \, d\tau =$$

$$= \frac{1}{T'} \int_{\tau=0}^{\tau=T'} (E_0 + \dot{E}_0 \tau)^2 \left(\frac{1}{\omega' L} - \omega' C \right) .$$

$$. \operatorname{sen} (\alpha_0 + \omega'\tau) \cos (\alpha_0 + \omega'\tau) \, d\tau +$$

$$+ \frac{1}{T'} \int_{\tau=0}^{\tau=T'} (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \left(C + \frac{1}{\omega'^2 L} \right) .$$

$$. \dot{E}_0 \cos^2 (\alpha_0 + \omega'\tau) \, d\tau \qquad \text{II-13}$$

$$P_r = \frac{1}{T'} \int_{\tau=0}^{\tau=T'} i \,.\, (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \operatorname{sen} (\alpha_0 + \omega'\tau) \, d\tau =$$

$$= \frac{1}{T'} \int_{\tau=0}^{\tau=T'} (E_0 + \dot{E}_0 \tau)^2 \left(\frac{1}{\omega' L} - \omega' C \right) .$$

$$. \operatorname{sen}^2 (\alpha_0 + \omega'\tau) \, d\tau +$$

$$+ \frac{1}{T'} \int_{\tau=0}^{\tau=T'} (E_0 + \dot{E}_0 \tau) \left(C + \frac{1}{\omega'^2 L} \right) .$$

$$. \dot{E}_0 \cos (\alpha_0 + \omega'\tau) \,.\, \operatorname{sen} (\alpha_0 + \omega'\tau) \, d\tau \qquad \text{II-14}$$

Calcularemos agora os integrais II-13 e II-14 indicando apenas, para as parcelas das funções integrandas que contém τ a multiplicar por funções trigonométricas, limites superior e inferior da sua contribuição para os integrais.

A parcelas deste tipo não são periódicas em τ, darão por isso uma contribuição que depende não só de E_o e $\dot{E}_o$ como também do valor α_o da fase da oscilação no instante t_o em que se inicia a integração.

Exprimimos então o resultado das integrações pelas seguintes expressões.

$$P_a = \left(K_1 E_o \dot{E}_o T' + K_2 \frac{\dot{E}_o^2}{3} T^2\right)\left(\frac{1}{\omega' L} - \omega' C\right) + \left(\frac{1}{2} E_o \dot{E}_o + K_3 \frac{\dot{E}_o^2}{2} T'\right)\left(C + \frac{1}{\omega'^2 L}\right) \qquad \text{II-15}$$

em que

$$-1/2 < K_1 < 1/2; \quad -1/2 < K_2 < 1/2$$

e

$$0 < K_3 < 1 \qquad \text{II-16}$$

$$P_r = \left(\frac{1}{2} E_o^2 + K_4 E_o \dot{E}_o T' + K_5 \frac{\dot{E}_o^2}{3} T^2\right)\left(\frac{1}{\omega' L} - \omega' C\right) + \left(K_6 \frac{\dot{E}_o^2}{2} T'\right)\left(C + \frac{1}{\omega'^2 L}\right) \qquad \text{II-17}$$

em que

$$0 < K_4 < 1; \quad 0 < K_5 < 1 \quad \text{e} \quad -1/2 < K_6 < 1\,2 \qquad \text{II-18}$$

Introduzimos agora as expressões dos valores médios das energias eléctrica e magnética relativos à existência no circuito da Fig. 2 de uma oscilação sinusoidal de frequência ω' e amplitude E_o que são as seguintes:

$$\overline{W}_{mo} = \frac{1}{2}\left[\frac{1}{2}\left(\frac{E_o}{\omega' L}\right)^2\right] L \qquad \text{II-19}$$

$$\overline{W}_{eo} = \frac{1}{2}\left(\frac{E_o^2}{2}\right) C \qquad \text{II-20}$$

Definimos com elas os seguintes números:

$$\delta_1 = \frac{\overline{W}_{mo} - \overline{W}_{eo}}{\overline{W}_{mo} + \overline{W}_{eo}} \qquad \text{II-21}$$

$$\delta_2 = \left(\frac{\dot{E}_o T'}{E_o}\right) \qquad \text{II-22}$$

Introduzindo-os nas expressões II-15 e II-17 podemos escrever:

$$P_a = 2\,(\overline{W}_{mo} + \overline{W}_{eo}) \frac{\dot{E}_o}{E_o}\left[1 + K_3 \delta_2 + 4\tau\left(K_1 + \frac{K_2}{3}\delta_2\right)\delta_1\right] \qquad \text{II-23}$$

$$P_r = 2\,\omega'\,(\overline{W}_{mo} - \overline{W}_{eo})\left[1 + 2 K_4 \delta_2 + \frac{2}{3} K_5 \delta_2^2 + \frac{K_6}{2\pi}\frac{\delta_2^2}{\delta_1}\right] \qquad \text{II-24}$$

Se exigirmos que

$$|\delta_2| << 1 \quad \text{e} \quad |\delta_1| << 1 \qquad \text{II-25}$$

podemos tornar as parcelas de II-23 e II-24 em que estes números figuram, desprezíveis em face da unidade.

Com este desprezo as potências activa e reactiva, ficam então só dependentes de E_o, $\dot{E}_o$ e ω' com as seguintes expressões:

$$P_a = 2 \frac{\dot{E}_o}{E_o} (\overline{W}_{mo} + \overline{W}_{eo}) \qquad \text{II-26}$$

$$P_r = 2\,\omega'\,(\overline{W}_{mo} - \overline{W}_{eo}) \qquad \text{II-27}$$

O cálculo que fizemos na vizinhança do instante t_o pode ser feito na vizinhança de qualquer outro instante. Desde que se verifiquem as restrições que impuzemos, não temos de nos preocupar com a localização exacta do intervalo de integração contanto que esteja na vizinhança de t_o. A potência activa e reactiva ficam assim bem definidas em qualquer instante, dependendo sòmente dos valores de E, $\dot{E}$ e $\dot{\phi}$ ($\omega' = \omega_o + \dot{\phi}$) característicos da vizinhança desse instante.

Consideramos doravante P_a e P_r como funções do tempo, dadas pelas expressões II-26 e II-27 abandonando o índice ($_o$).

Usando as expressões das energias II-19 e II-20 podemos escrever II-26 doutro modo:

$$P_a = \frac{d}{dt}(\overline{W}_m + \overline{W}_e)$$

As expressões de P_a e P_r ficam finalmente com a forma:

$$P_a = \frac{d}{dt}(\overline{W}_m + \overline{W}_e) \qquad \text{II-28}$$

$$P_r = 2\,\omega'\,(\overline{W}_m - \overline{W}_e) \qquad \text{II-29}$$

3.3 *Significado de II-28 e II-29* — As energias magnética e eléctrica dum circuito oscilante como o da fig. 2 em que existe uma oscilação tal que

$$e = E_o \cos \omega' t$$

variam com o tempo de acordo com as seguintes expressões:

$$w_m = \overline{W}_m\,(1 - \cos 2\,\omega' t)$$
$$w_e = \overline{W}_e\,(1 + \cos 2\,\omega' t)$$

onde $\overline{W}_m$ e $\overline{W}_e$ representam os valores médios dessas energias cujas expressões foram escritas em II-19 e II-20.

A energia total do sistema é dada a cada instante por:

$$w_m + w_e = (\overline{W}_m + \overline{W}_e) - (\overline{W}_m - \overline{W}_e)\cos 2\,\omega' t$$

(veja-se a representação gráfica na fig. 4).

Temos portanto, que um circuito oscilante

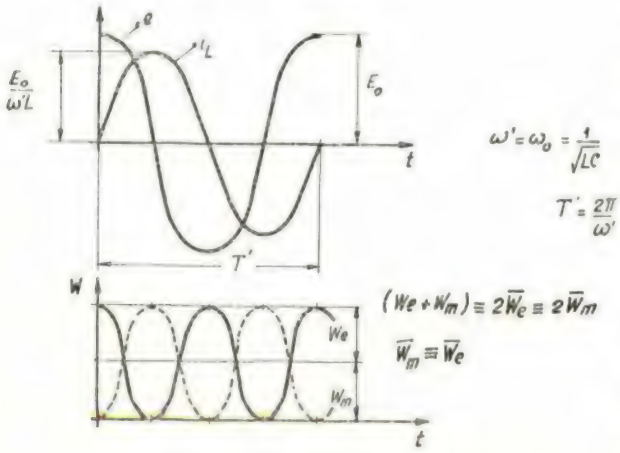


Fig. 4

armazena em média um certa quantidade de energia dada pela soma

$$\overline{W}_m + \overline{W}_e$$

Para a frequência ω_o de ressonância, dada pela expressão

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

encontra-se, atendendo a II-19 e II-20, precisamente $\overline{W}_m = \overline{W}_e$.

Então, para a frequência de ressonância a energia instantânea do sistema reduz-se ao seu termo constante como se segue:

$$(w_m + w_e)_{\omega' = \omega_o} = (\overline{W}_m)_{\omega' = \omega_o} + (\overline{W}_e)_{\omega' = \omega_o} =$$
$$= 2\,(\overline{W}_m)_{\omega' = \omega_o} = 2\,(\overline{W}_e)_{\omega' = \omega_o}$$

Do ponto de vista energético, a oscilação interpreta-se como uma troca periódica de energia entre o campo magnético da bobine e o campo eléctrico do condensador.

Fora da frequência de ressonância é $\overline{W}_e \neq \overline{W}_m$ e a energia total do sistema não é constante. Para tornar a oscilação possível é necessário que exista um sistema externo que alternadamente forneça e receba energia.

Pelo contrário, na ressonância a energia é constante sendo desnecessária a existência dum sistema exterior capaz de trocar energia com o circuito oscilante.

Sòmente nesta frequência é possível a oscilação livre do circuito. Toda a energia que inicialmente lhe for comunicada é conservada, mudando, porém, de forma periòdicamente.

Quando estivermos em presença duma oscilação quase sinusoidal, qualquer variação da amplitude implica necessàriamente variação de energia armazenada no sistema e consequentemente trocas de energia com o exterior, tais que a potência correspondente tenha valor médio não nulo. A expressão II-28 não é mais que a tradução deste raciocínio.

O aparecimento da potência activa quando a amplitude varia deve-se à parcela em coseno da corrente *i* (Exp. II-10) cuja existência é indispensável considerar, mesmo que a variação da amplitude seja muito lenta, para poder dar conta das variações de energia do sistema.

No estudo que temos vindo a fazer das osci-

lações quase sinusoidais, a grandeza que desempenha o papel de frequência não é ω mas sim ω' que é dada por

$$\omega' = \omega + \dot{\phi}$$

A expressão II-29 diz-nos então que o sistema exterior ao circuito oscilante terá de por em jogo potência reactiva sempre que for

$$\omega + \dot{\phi} \neq \omega_0$$

pois sendo o valor médio $\overline{W}_m$ calculado como se a frequência fosse ω' encontrar-se-á nestas condições $\overline{W}_m \neq \overline{W}_e$.

3.4 *Significado das restrições II-25* — Atendendo à expressão II-22 que define δ_2, vê-se que a imposição de ser este número muito menor que a unidade corresponde a exigir que a variação da amplitude num período seja pequena em relação à própria amplitude.

Do ponto de vista energético é equivalente a afirmar que sendo $(\Delta W)_{T'}$ a variação da energia armazenado no circuito durante um período deverá ser

$$\frac{(\Delta W)_{T'}}{\overline{W}_e + \overline{W}_m} << 1 \qquad \text{II-30}$$

ou seja, muito pequena a variação em relação à energia total.

A imposição de ser δ_1 muito menor que a unidade corresponde, por seu turno, a exigir-se que as energias eléctrica e magnética sejam aproximadamente iguais (Exp. II-21), devendo portanto ω' ser vizinho de ω_0.

Sendo ω' definido por $\omega' = \omega_0 + \delta_{\omega'}$ deverá ser sempre

$$\frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0} << 1 \qquad \text{II-31}$$

Em conclusão:

A aplicação das expressões II-28 e II-29 ao estudo dum circuito oscilante em que existe uma oscilação cuja amplitude e fase variam com o tempo deve limitar-se a situações em que a variação da amplitude seja lenta e a variação da fase tal que ω' caia na vizinhança da frequência própria ω_0 do circuito oscilante.

4 — Consideração das perdas

Convencionamos representar as perdas do circuito oscilante por meio duma resistência em paralelo (Fig. 5).

Em consequência surge uma nova contribuição i_R para a corrente total i do circuito oscilante. Usando a expressão II-7 para a tensão, a expressão da corrente será

$$i_R = \frac{e}{R_p} = \frac{1}{R_p}(E + \dot{E}_0 \tau) \cos(\alpha_0 + \omega' \tau)$$

Esta corrente contribui ùnicamente para a potência activa visto estar em fase com a tensão. Impondo igualmente a restrição de ser a amplitude lentamente variável essa contribuição que designaremos por P_p é a seguinte:

$$P_p = \frac{E^2}{2 R_p} \qquad \text{II-32}$$

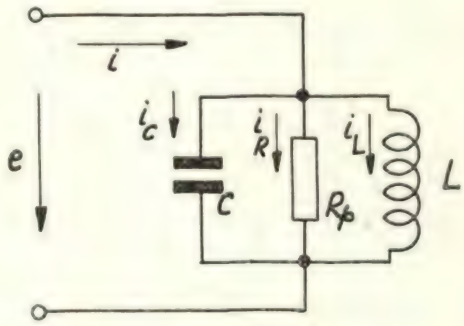


Fig. 5

Considerando então as perdas, as expressões da potência activa e reactiva passam a ser:

$$P_a = P_p + \frac{d}{dt}(\overline{W}_m + \overline{W}_e) \qquad \text{II-33}$$

$$P_r = 2\,\omega'(\overline{W}_m - \overline{W}_e) \qquad \text{II-34}$$

Podemos considerar este resultado como uma generalização do resultado conhecido para oscilações sinusoidais de amplitude e fase constantes que se traduz por

$$P_a = P_p$$

$$P_r = 2\,\omega(\overline{W}_m - \overline{W}_e)$$

A forma de escrever das expressões II-33 e II-34 tem interesse do ponto de vista teórico. Para aplicação interessa exprimir P_a e P_r em termos das grandezas características da oscilação e dos parâmetros do circuito.

Basta recorrer então às expressões II-32, II-15 e II-17 retendo nestas duas últimas apenas as parcelas que não contêm nenhum dos $K_{1\ldots 6}$ visto que estas foram desprezadas. Obtém-se:

$$P_a = \frac{E^2}{2\,R_p} + \frac{E^2}{2} \cdot \frac{\dot{E}}{E}\left(\frac{1}{\omega'^2 L} + C\right)$$

$$P_r = \frac{E^2}{2}\,\omega'\left(\frac{1}{\omega'^2 L} - C\right)$$

Fazendo separadamente o cálculo dos parêntesis destas expressões e atendendo a que é

$$\omega' = \omega_0 + \delta_{\omega'} = \omega_0\left(1 + \frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0}\right)$$

$$\text{com:}\quad \frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0} << 1 \quad \text{e} \quad \omega_0^2 = \frac{1}{L\,C}$$

teremos com suficiente aproximação:

$$\left(\frac{1}{\omega'^2 L} + C\right) = \frac{1 + \omega'^2 C L}{\omega'^2 L} \cong$$

$$\cong \frac{1 + \omega_0^2\left(1 + 2\frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0}\right) C L}{\omega_0^2 L\left(1 + 2\frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0}\right)} \cong \frac{2}{\omega_0^2 L} = 2\,C$$

$$\left(\frac{1}{\omega'^2 L} - C\right) = \frac{1 - \omega'^2 C L}{\omega'^2 L} \cong$$

$$\cong \frac{1 - \omega_0^2\left(1 + 2\frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0}\right) C L}{\omega_0^2 L\left(1 + 2\frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0}\right)} \cong \frac{-2\,\frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0}}{\omega_0^2 L} =$$

$$= -2\,C\,\frac{\delta_{\omega'}}{\omega_0}$$

Substituindo nas expressões iniciais de novo com desprezo de $\delta_{\omega'}/\omega_0$ em face da unidade, tem-se finalmente:

$$P_a = \frac{E^2}{2}\left(\frac{1}{R_p} + 2\,C\,\frac{\dot{E}}{E}\right) \qquad \text{II-35}$$

$$P_r = -\frac{E^2}{2}\,2\,C\,(\delta_\omega + \dot{\phi}) \qquad \text{II-36}$$

onde se introduz δ_ω definido por $\delta_\omega = \omega - \omega_0$.

Designaremos as equações II-35 e II-36 por «equações de evolução» pois permitem determinar E (t) e ϕ (t) a partir de condições iniciais conhecidas, desde que se estabeleçam as expressões de P_a e P_r tal como elas sejam determinadas pelo sistema exterior ao circuito oscilante.

Obrigando as derivadas $\dot{E}$ e $\dot{\phi}$ a anularem-se, obteremos as condições em que são possíveis oscilações de amplitude e fase estacionárias. A estabilidade destes regimes estacionários poderá ser igualmente estudada pois estamos de posse de equações que permitem o estudo da evolução do sistema a partir de qualquer estado inicial.

CAPÍTULO III

Propriedades do circuito dos tubos electrónicos

I — Expressão da corrente i_e

Neste capítulo procuraremos obter a tradução analítica adequada ao caso em estudo, das propriedades fundamentais dum circuito de dois tubos electrónicos com a figuração do esquema da Fig. 1. As letras minúsculas *e* e *i* na Fig. 1 representam os valores instantâneos das variações de tensões e correntes, em torno dos valores constantes relativos à situação de repouso.

Tal como anteriormente a letra *e* designa tensões e a letra *i* correntes. As setas indicam os sentidos positivos que consideramos para cada grandeza.

Definimos para cada tubo uma tensão de comando com a seguinte expressão:

$$e_{c_I} = e_{g_I} + D e_a \qquad \text{III-1}$$

$$e_{c_{II}} = e_{g_{II}} + D e_a \qquad \text{III-2}$$

onde D é a «transcaptação» que consideramos igual para os dois tubos.

Admitimos que as correntes de emissão de cada um dos tubos podem ser dadas em função

ROMAR
UMA ORGANIZAÇÃO AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA
TODOS OS EQUIPAMENTOS
para construção civil
e obras públicas
175A
MICHIGAN
Exponha-nos o seu problema
O nosso Gabinete Técnico
encontrará a solução adequada
LISBOA
R. DA BOA VISTA, 83-1.º-D.
TELEFS. 677161/2/3/4/5
LUANDA
LARGO DA REPÚBLICA, 29
BENGUELA
RUA BRASIL
LOURENÇO MARQUES
AV. MANUEL DE ARRIAGA, 55-1.º
PORTO
R. DE SÁ DA BANDEIRA, 589
TELEFS. 25871 - 32205

ESTAMPARIAS TINTURARIAS LAVANDARIAS

PARA OS VOSSOS TECIDOS TECNICOS:
TRANSPORTADORES MANKONS, LAPPING, WOLFRIES.
FLANELAS, CANEVAS, ETC.,

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

Consultem:

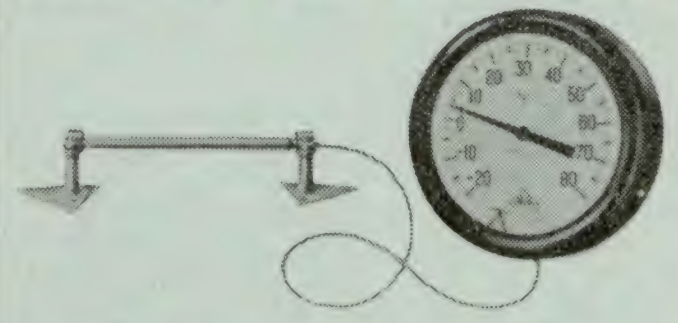
FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 93
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Leituras claras e rigorosas



Termómetros de mostrador para todos os fins industriais com a garantia NEGRETTI & ZAMBRA quanto a precisão e robustez.
À esquerda, um dos novos tipos "Standard" e, à direita, um dos modelos próprios para motores Diesel — apenas dois exemplos de uma larga gama abrangendo centenas de modelos.
Grande variedade de modelos para entrega imediata na fábrica.

NEGRETTI & ZAMBRA

Peça catálogo em Português aos *Representantes exclusivos em Portugal e Provincias Ultramarinas:*
MARTIN LESLIE & CIA. LDA.
Campo das Cebolas, 43 3.º D.-LISBOA-2
Tel. 3 28 24 e 3 52 34

Sede: NEGRETTI & ZAMBRA LTD.
Regent Street, London W.1

da respectiva tensão do comando pelas seguintes expressões:

$$i_{e_I} = S_I \, e_{c_I} + \frac{T_I}{2} (e_{c_I})^2 \qquad \text{III-3}$$

$$i_{e_{II}} = S_{II} \, e_{c_{II}} + \frac{T_{II}}{2} (e_{c_{II}})^2 \qquad \text{III-4}$$

onde S_I, S_{II}, T_I e T_{II} são parâmetros característicos dos tubos relativos ao ponto de funcionamento em repouso respectivo (1).

Supomos que no domínio de funcionamento as parcelas do 2.° grau de III-3 e de III-4 são pequenas em relação às do 1.° grau.

Introduzimos em seguida as seguintes notações:

$$S_+ = \frac{1}{2}(S_I + S_{II}) \qquad S_- = \frac{1}{2}(S_I - S_{II}) \qquad \text{III-5}$$

$$T_+ = \frac{1}{2}(T_I + T_{II}) \qquad T_- = \frac{1}{2}(T_I - T_{II}) \qquad \text{III-6}$$

$$(e_c)_+ = \frac{1}{2}(e_{c_I} + e_{c_{II}}) \qquad (e_c)_- = \frac{1}{2}(e_{c_I} - e_{c_{II}}) \qquad \text{III-7}$$

Expressa nestas quantidades, a corrente i_e do esquema da Fig. 1 será dada por:

$$i_e = i_{e_I} + i_{e_{II}} = 2\,S_+ (e_c)_+ + 2\,S_- (e_c)_- + T_+ [(e_c)_+^2 + (e_c)_-^2] + 2\,T_- (e_c)_+ (e_c)_- \qquad \text{III-8}$$

Supomos agora que $T_- << T_+$ de tal modo que se possa desprezar a última parcela desta expressão e admitimos também que $S_- << S_+$, de forma que a 2.ª parcela, embora proveniente dos termos lineares, se possa considerar da mesma ordem de grandeza da 3.ª parcela que é do 2.° grau.

Em resumo, se os tubos tiverem parâmetros quase iguais na proximidade dos pontos de funcionamento escolhidos a corrente i_e será muito aproximadamente dada por:

$$i_e = 2\,S_+ (e_c)_+ + 2\,S_- (e_c)_- + T_+ [(e_c)_+^2 + (e_c)_-^2] \qquad \text{III-9}$$

onde as duas últimas parcelas são pequenas em relação à primeira.

Introduzimos então as tensões seguintes:

$$e_+ = \frac{1}{2}(e_{g_I} + e_{g_{II}}) \quad \text{e} \quad e_- = \frac{1}{2}(e_{g_I} - e_{g_{II}}) \qquad \text{III-10}$$

Atendendo às expressões III-1, III-2 e III-7 pode escrever-se:

$$(e_c)_+ = e_+ + D e_a \quad \text{III-11}; \qquad (e_c)_- = e_- \quad \text{III-12}$$

Por outro lado, do esquema da fig. 1 podem tirar-se as seguintes relações:

$$e_a = -R\, i_a - e_1 \qquad \text{III-13}$$

$$i_a = i_e - i_g \qquad \text{III-14}$$

sendo

$$i_g = i_{g_I} + i_{g_{II}} \qquad \text{III-15}$$

Substituindo em III-11 obtemos:

$$(e_c)_+ = e_+ - D\,e_1 - D\,R\,i_e + D\,R\,i_g \qquad \text{III-16}$$

$$(e_c)_- = e_- \qquad \text{III-17}$$

O nosso objectivo é exprimir i_e em termos de e_+ e de e_-; vamos empregar para isso um processo aproximado que se baseia no facto das duas últimas parcelas de III-9 serem pequenas em relação à primeira.

Começamos por calcular uma primeira aproximação de i_e que designaremos por $(i_e)_1$ em que se considera apenas a primeira parcela de III-9 onde se substitui $(e_c)_+$ pelo valor dado em III-16. Obtém-se:

$$(i_e)_1 = \frac{2\,S_+}{1 + 2\,S_+\,DR} \left[e_+ - D\,(e_1 - R\,i_g) \right] \qquad \text{III-18}$$

Com esta primeira aproximação de i_e calcula-se um valor aproximado de $(e_c)_+$ que é o seguinte:

$$\left[(e_c)_+ \right]_1 = \frac{1}{1 + 2S_+DR} \left[e_+ - D\,(e_1 - R\,i_g) \right] \qquad \text{III-19}$$

(1) Para a justificação das expressões III-3 e III-4 bem como para a determinação experimental dos parâmetros S e T veja-se o Apêndice I — Estudo experimental das características de tubos electrónicos.

Podemos agora obter uma melhor aproximação de i_e já levando em linha de conta as restantes parcelas, usando o valor aproximado de $(e_c)_+$ dado em III-19 para substituição na parcela do 2.º grau de III-9 e a expressão exacta de $(e_c)_+$ dada por III-16 para substituição no termo linear de III-9.

Resolvendo a equação em i_e que resulta obtém-se:

$$i_e = \frac{2\,S_+}{1 + 2\,S_+\,D\,R}\left[e_+ - D\,(e_1 - R i_g)\right] + \frac{2\,S_-}{1 + 2\,S_+\,D\,R}\,(e_-) + \frac{T_+}{(1 + 2\,S_+\,D\,R)^3}\left[e_+ - D\,(e_1 - R i_g)\right]^2 + \frac{T_+}{1 + 2\,S_+\,D\,R}\,(e_-)^2 \qquad \text{III-20}$$

2 — Potência posta em jogo pelos tubos

Admitimos que a tensão e_1 do esquema da fig. 1 é alternada sinusoidal de frequência ω sendo igual nas duas metades de bonine (1).

$$e_1 = E_1 \cos(\omega t + \phi) \qquad \text{III-21}$$

A tensão e_2 é o sinal sincronizante de frequência $2\,\omega$

$$e_2 = E_2 \cos 2\,\omega t \qquad \text{III-22}$$

Atendendo aos sentidos positivos marcados no esquema da fig. 1, a potência, relativa a energia recebida pelo circuito oscilante, é dada em valores instantâneos por

$$p = e_1\,i_e - 2\,e_1\,i_{g_I} \qquad \text{III-23}$$

Vamos investigar primeiro o caso de serem nulas as correntes de grelha e portanto $i_g = 0$. A potência reduz-se a:

$$p = e_1\,i_e \qquad \text{III-24}$$

(1) — Ligação magnética perfeita entre as duas metades da bobine.

Pretendemos obter expressões para a potência activa e reactiva correspondentes a esta potência instantânea. Para o cálculo dos valores médios que as definem (Exps. II-11 e II-12) só interessam os termos de i_e que têm a mesma frequência de tensão e_1.

Para calcular estes termos, observamos no esquema da Fig. 1 que

$$e_{g_I} = e_1 \quad \text{e} \quad e_{g_{II}} = e_2 - e_1$$

donde, pelas expressões de III-10 vem:

$$e_+ = \frac{e_2}{2} \quad \text{e} \quad e_- = e_1 - \frac{e_2}{2} \qquad \text{III-25}$$

Supondo que se faz agora a substituição de e_+ e de e_- na expressão III-20 (com $i_g = 0$) observa-se que para a frequência ω contribuem, em primeiro lugar as parcelas lineares em que intervém e_1. Designando essa contribuição por

$$[\,(i_e)_\omega\,]_{e_1}$$

teremos, escrevendo e_1 em valores instantâneos segundo III-21

$$[\,(i_e)_\omega\,]_{e_1} = \frac{2}{1 + 2\,S_+\,D\,R}\,(-D\,S_+ + S_-)\,E_1 \cos(\omega t + \phi) \qquad \text{III-26}$$

Em segundo lugar contribuem para a frequência ω as parcelas de i_e provenientes dos termos do segundo grau em que intervenha o produto $e_1\,e_2$.

Estas parcelas são as seguintes:

$$-\frac{T_+}{(1 + 2\,S_+\,D\,R)^3}\,D\,(e_1\,e_2)$$

$$-\frac{T_+}{1 + 2\,S_+\,D\,R}\,(e_1\,e_2)$$

Por ser $D \ll 1$ e $\dfrac{1}{(1 + 2\,S_+\,D\,R)^2} < 1$

desprezaremos a primeira parcela mencionada em face da segunda. Substituindo agora e_1 e e_2 pelas suas expressõea em valores instantâneos dados por III-21 e III-22 e conservando apenas a parcela que contém a diferença das frequências, obtém-se a contribuição dos termos não lineares

de i_e para a frequência ω que designamos por $[(i_e)_\omega]_{e_1 e_2}$ que é então dada por:

$$[(i_e)_\omega]_{e_1 e_2} = -\frac{1}{2}\frac{T_+}{1+2S_+DR}\cdot$$

$$\cdot E_1 E_2 \cos(\omega t - \phi) \qquad \text{III-27}$$

$$[(i_e)_\omega]_{e_1 e_2} = -\frac{1}{2}\frac{T_+}{1+2S_+DR} E_1 E_2 .$$

$$.[\cos 2\phi . \cos(\omega t + \phi) + \text{sen } 2\phi . \text{sen}(\omega t + \phi)]$$

Introduzindo, para aligeirar as expressões, as quantidades *a* e *b* definidas do modo seguinte:

$$a = 2\frac{S_- - DS}{1+2S_+DR} \qquad \text{III-28}$$

$$b = \frac{1}{2}\frac{T_+}{1+2S^+DR} \qquad \text{III-29}$$

obtemos finalmente para o componente de i_e de frequência ω a seguinte expressão:

$$(i_e)_\omega = a E_1 \cos(\omega t + \phi) -$$
$$- b E_2 \cos 2\phi . E_1 \cos(\omega t + \phi) -$$
$$- b E_2 \text{sen } 2\phi . E_1 \text{sen}(\omega t + \phi) \qquad \text{III-30}$$

As primeiras duas parcelas estão em fase com a tensão e_1, só contribuem para a potência activa, a última está em quadratura e só contribui para a potência reactiva.

As expressões das potências serão as seguintes:

$$P_a = (a - b E_2 \cos 2\phi)\frac{E_1^2}{2} \qquad \text{III-31}$$

$$P_r = (-b E_2 \text{sen } 2\phi)\frac{E_1^2}{2} \qquad \text{III-32}$$

Por meio de um ajuste conveniente dos pontos de funcionamento podemos anular *a* (exp. III-28). Nessas circunstâncias as potências surgem ùnicamente devido à acção dos termos não lineares e em dependência da amplitude do sinal sincronizante E_2 e da fase ϕ que traduz a posição relativa das duas oscilações no tempo.

Esta situação corresponde ao aspecto mais simples que pode tomar o funcionamento deste gerador de sub-harmónica.

À possibilidade de existir potência reactiva corresponde a possibilidade do sistema oscilar com uma frequência diferente de ω_0. Essa frequência poderá ser exactamente a da sub-harmónica ω desde que exista um valor de ϕ para o qual a potência reactiva tenha a grandeza conveniente.

Se para esse valor de ϕ a potência activa, que também é posta em jogo, tiver importância suficiente para cobrir as perdas do circuito oscilante, este entrará expontâneamente em oscilação com a frequência da sub-harmónica.

No termo linear dependente do valor de *a*, a oscilação de frequência ω surge independentemente do sinal sincronizante e sòmente ligada a e_1. Este termo só contribui para a potência activa, sendo o seu único efeito possível o amortecimento ou o desamortecimento do circuito oscilante consoante o sinal, podendo levar o circuito no segundo caso até à auto-excitação.

3 — Consideração do efeito da corrente de grelha i_{g_1}

Quando a amplitude da oscilação e_1 excede um valor tal que nos máximos positivos e_{g_1} atinge e ultrapassa a tensão E_i para a qual tem início a condução de corrente de grelha, Fig. 6, existirá uma corrente i_{g_1} enquanto e_{g_1} for superior a E_i.

A corrente de grelha revestirá portanto a forma de impulsos de curta duração, cuja amplitude é tanto maior quanto maior for E_1 (1). Esses impulsos ocorrem com forma simétrica em relação aos instantes em que e_1 é máxima. Este facto permite concluir que a componente fundamental da corrente i_g estará em fase com

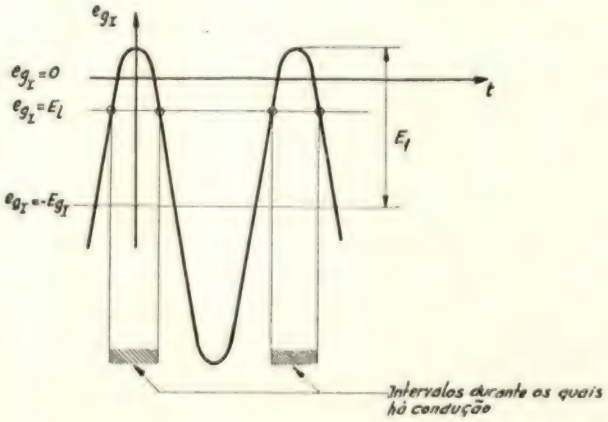


Fig. 6

(1) Veja-se Apêndice II Oscil. 15.

a tensão e_1, pelo que o seu efeito se fará ùnicamente sentir na potência activa.

A corrente i_{g_1}, manifesta-se na potência de dois modos, directamente na segunda parcela de III-23 e indirectamente através do próprio i_e que se modifica pois surge um i_g na expressão III-20 que até aqui não considerámos.

Designando por I_{g_1} a amplitude da componente fundamental da corrente de grelha, a contribuição para a potência activa da segunda parcela de III-23 será dada por:

$$-\frac{2\,E_1\,I_{g_1}}{2}$$

Quanto à modificação que sofre i_e, levaremos apenas em linha de conta a intervenção de i_g na primeira parcela de III-20 desprezando como anteriormente a contribuição da terceira parcela onde surgiriam novos termos de frequência ω através do produto $e_2 \,.\, i_g$.

Nesta hipótese e admitindo além disso que o tubo II não conduz corrente de grelha, o termo de frequência ω que surge em i_e terá a seguinte amplitude:

$$\frac{2\,S_+\,D\,R}{1+2\,S_+\,D\,R}\cdot I_{g_1}$$

e a sua contribuição para a potência activa será dada por

$$\frac{2\,S_+\,D\,R}{1+2\,S_+\,D\,R}\cdot\frac{E_1\,I_{g_1}}{2}$$

Designando por S_{g_1} o que podemos chamar «condutividade equivalente do circuito de grelha para a fundamental» e que definimos como sendo

$$S_{g_1}=\frac{I_{g_1}}{E_1}$$

teremos para a potência activa P_{ag} que é necessário acrescentar a P_a de III-31 a expressão:

$$P_{ag}=-\left(1+\frac{1}{1+2\,S_+\,D\,R}\right)S_{g_1}\cdot\frac{E_1^2}{2}$$

Introduzindo, para simplificar a notação, a letra g com o significado seguinte

$$g=\left(1+\frac{1}{1+2\,S_+\,D\,R}\right)S_{g_1} \qquad \text{III-33}$$

podemos escrever a expressão de P_a que substitui III-31 quando existir corrente de grelha que é a seguinte:

$$P_a=(a-b\,E_2\cos 2\,\phi-g)\,\frac{E_1^2}{2} \qquad \text{III-34}$$

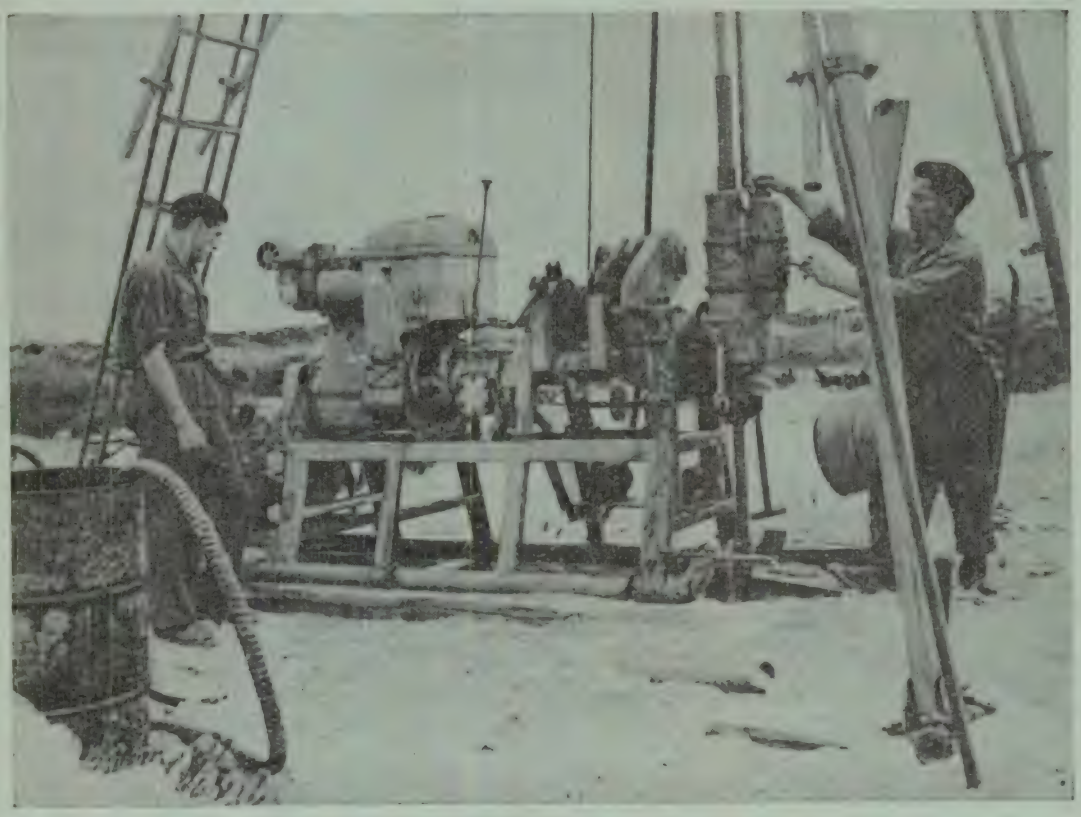
S_{g_1} e consequentemente g são funções crescentes de E_1 que só tomam valores apreciáveis a partir dum certo valor de E_1, suficiente para atingir o ponto de início de condução de corrente de grelha. O andamento destas funções não depende só dos tubos, depende ainda como é evidente da tensão negativa contínua à qual se vai sobrepor a oscilação e_1.

Para um determinado tubo e em condições especificadas, S_{g_1} pode ser determinado experimentalmente em função de E_1. Veja-se para isso o Apêndice II.

(Continua)

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, L.DA

SECÇÃO DE PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA



Sonda rápida, com coroa de diamantes, empregada no estudo de pedreiras para a Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos

SEDE: PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3.º — LISBOA

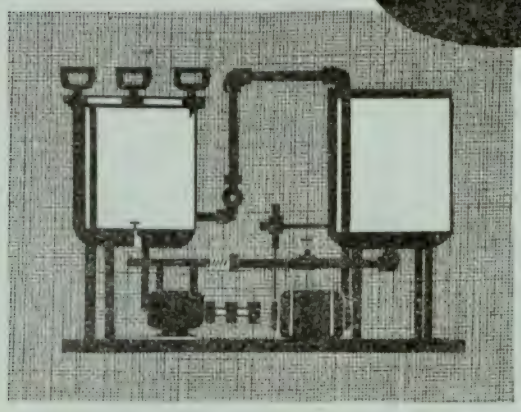
TELEFS. 36 65 06 (4 LINHAS)

filtros FILFRO, L.da

ALGUMAS DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES:

Água • Açúcar • Óleos vegetais, animais e minerais • Cerveja
Sabão líquido • Resinas naturais e sintéticas • Vinhos • Vinagre
Glicerina • Tintas • Vernizes
Sumos de frutos • Xaropes
Azeite • Industria química

FILTROS NACIONAIS PARA TODOS OS PROBLEMAS DE FILTRAÇÃO



Inteiramente fabricados em Portugal, por técnicos e operários portugueses, segundo a patente port. n.º 29.917

Dezenas de instalações a funcionar no país atestam a sua excelente qualidade.

RUA CAPITÃO FILIPE DE SOUSA, 128
CALDAS DA RAINHA

FILTROS FILFRO, L.da PORTUGAL

OFICINAS E LABORATÓRIOS
DO
INSTITUTO SUPERIOR TECNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

APÊNDICE I

Estudo experimental das características de tubos electrónicos

1 — Finalidade

Com vista à aplicação no estudo do gerador de sub-harmónica pretende-se:

a) Obter informação quantitativa àcerca das relações corrente-tensão de tríodos electrónicos.

b) Comprovar experimentalmente a eficácia da representação analítica dessas relações por um polinómio, quando muito do terceiro grau.

2 — Características de emissão

2.1 — Designamos por corrente de emissão i_e a corrente correspondente ao número de electrões que na unidade de tempo consegue abandonar a proximidade do cátodo do tubo. Nas condições de funcionamento habituais esse número é regulado pela existência duma equipotencial, cujo potencial é mais baixo que o do cátodo (potencial mínimo) e cuja existência se deve à carga espacial associada à presença no espaço livre dos próprios electrões.

A teoria elementar deste fenómeno nos tríodos dá-nos para a corrente de emissão a seguinte expressão:

$$i_e = K\ (e_g + D\ e_a)^{3/2} \qquad \text{AI-1}$$

onde e_g representa a tensão de grelha, e_a a tensão anódica, (vejam-se os sentidos positivos na Fig. AI-1), K e D são constantes.

Esta expressão, embora traduza o que há de essencial, não é susceptível em muitos casos de representar com aproximação suficiente os resultados de medições sobre tubos reais. Adoptamos por isso uma relação mais geral com a forma seguinte:

$$i_e = f\ (e_g + D\ e_a) \qquad \text{AI-2}$$

Conservamos assim a dependência da corrente de emissão da combinação linear

$$e_c = e_g + D\ e_a \qquad \text{AI-3}$$

que se designa por tensão de comando, mas damos liberdade à forma da função *f*, sendo nosso objectivo precisamente fixar experimentalmente essa forma.

2.2 — Colheu-se informação geral sobre a relação AI-2 usando a montagem da Fig. AI-1, tendo sido fotografadas sobre o alvo do tubo de raios catódicos as famílias de curvas $i_e\ (e_g)$ com e_a constante, que designamos por características de emissão.

A base de alimentação (B.A.) mantém constante a tensão anódica enquanto o domínio de e_g em que estamos interessados é varrido pela tensão alternada e_1 de baixa frequência. A variação da corrente de emissão é observada através da queda de tensão na resisténcia R.

As sucessivas curvas duma família são obtidas por outras tantas exposições sucessivas do mesmo negativo ajustando-se em cada uma delas e_a para o valor correspondente.

2.3 — Os oscilogramas 1 e 2 apresentam os resultados relativos ao tubo 6C5 (osc. 2) que obedece de perto à relação teórica AI-1 e a uma unidade do duplo tríodo 12AT7 (osc. 1) que se afasta consideràvelmente das características teóricas. (Este último foi o tubo utilizado nas experiências com o gerador de sub-harmónica).

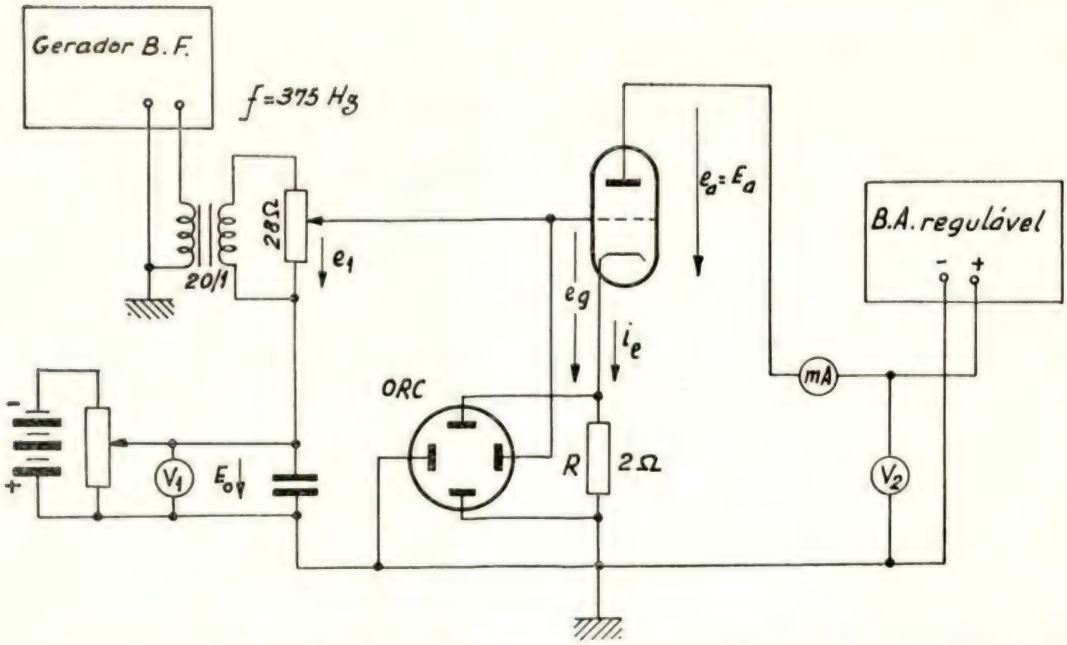
Comparando os dois tipos de tubo podemos afirmar por observação das características e em relação à 12AT7 o seguinte:

A inclinação das características medida em mAV^{-1} é consideràvelmente maior que na 6C5 para os mesmos valores da corrente de emissão.

A curvatura das características é muito mais pronunciada na 12AT7.

A transcaptação, que representámos em AI-3 pela letra D e que é medida nas características pela distância horizontal entre as sucessivas curvas expressa em termos de e_g dividida pela diferença entre os correspondentes valores de e_a, varia apreciàvelmente no campo das características da 12AT7. Usaremos para D um valor intermédio visto que na nossa representação tomaremos D como constante.

Ao nível de $i_e = 5mA$ pode obter-se das carac-



Montagem para o traçado das características com o oscilógrafo de raios catódicos (O R C)

Fig. AI-1

terísticas para a 12AT7 D = 1/50 para a 6C5 D = 1/21.

2.4 — Mesmo no domínio da carga espacial a corrente de emissão também depende da temperatura do cátodo embora fracamente. Isto deve-se ao facto das velocidades com que os electrões são emitidos pelo cátodo não serem nulas e dependerem da temperatura. A dependência da temperatura torna-se tanto mais notada na corrente quanto mais pequena é a tensão de comando. Assim, essa influência é apreciável na 12AT7 que emprega valores menores de tensão de comando para obter a mesma corrente de emissão. Os oscilogramas 3 e 4 mostram a influência da tensão de filamento na característica relativa a 150V de tensão anódica.

2.5 — Construtivamente a 12AT7 é um tríodo com a grelha muito próxima do cátodo de que resulta um elevado valor da constante K de cargas especiais (Exp. AI-1). Obtém-se assim elevados valores da inclinação com pequenas correntes.

A proximidade grelha-cátodo acarreta uma não uniformidade do campo eléctrico ao longo do cátodo donde provém a variabilidade da transcaptação e a acentuada curvatura das características. Esta última circunstância é o que torna o tubo adequado para o emprego no gerador de sub-harmónica.

3 — Características de inclinação

3.1 — Define-se a inclinação S como sendo

$$S = \left(\frac{\partial i_e}{\partial e_g} \right)_{e_a} \qquad \text{AI-4}$$

Atendendo às relações AI-2 e AI-3 pode escrever-se

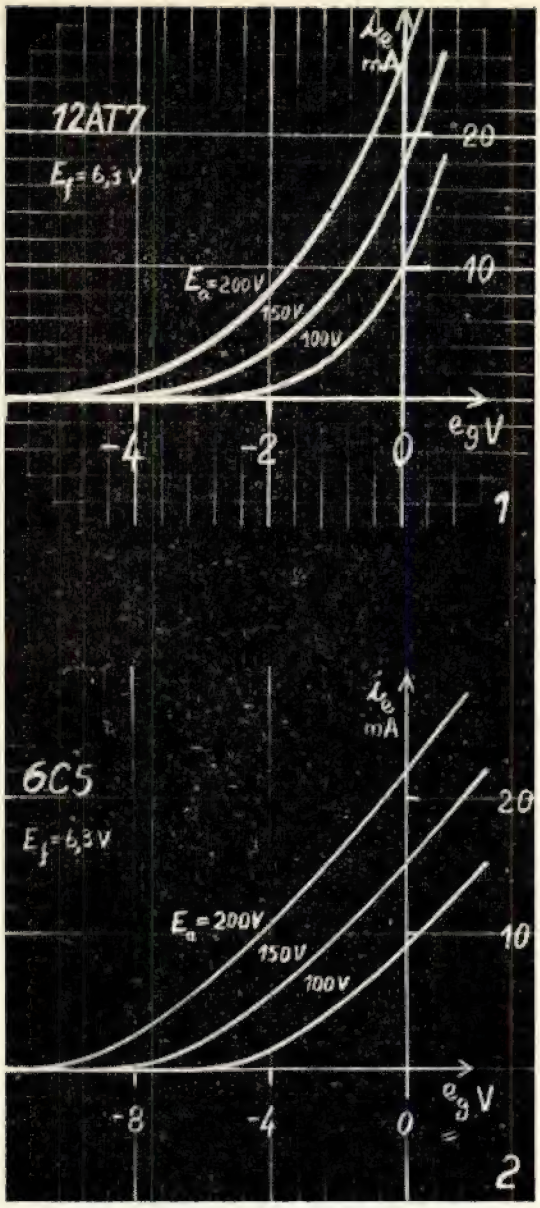
$$S = \frac{d\, i_e}{d\, e_c} = \phi\,(e_c) = \phi\,(e_g + D\, e_a) \qquad \text{AI-5}$$

Designamos por características de inclinação uma representação de $S\,(e_g)$ tomando e_a como parâmetro.

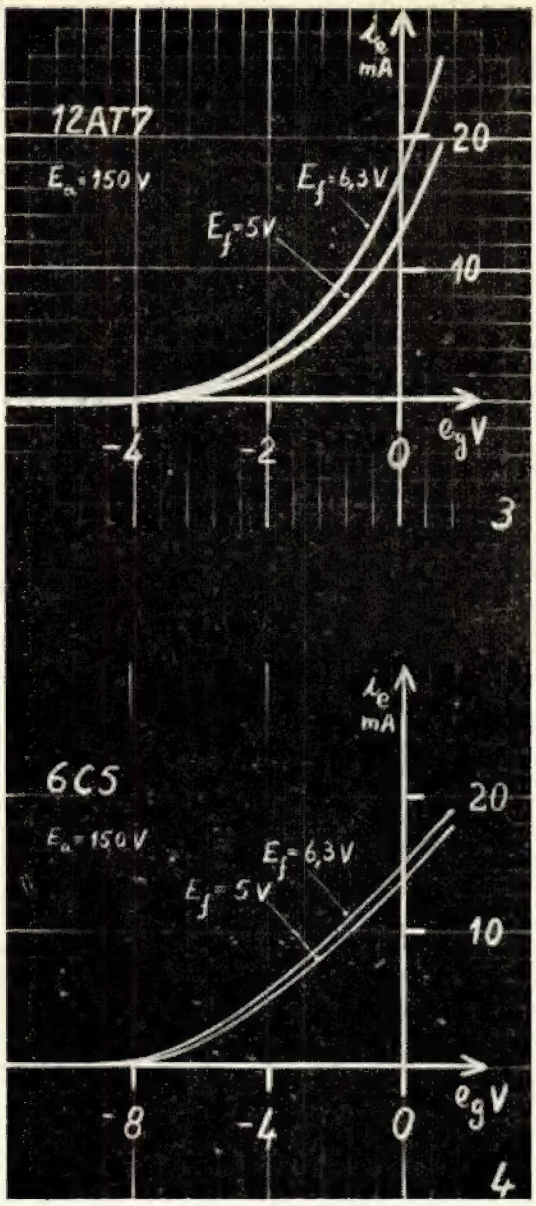
Tal como acontecia com as características de emissão, sendo válida uma relação como AI-5 com D constante, as curvas da família não são mais do que a translacção paralela do eixo dos e_g duma qualquer curva $S\,(e_g)$. Basta portanto medir a inclinação para diferentes valores de e_g e um determinado valor de e_a.

Como D não é exactamente constante escolhemos um valor de e_a central da zona de maior interesse ($e_a = 150V$).

3.2 — O conhecimento da inclinação é de grande importância no estabelecimento das pro-



Oscilogramas n.os 1 e 2
Características de emissão da 12 AT7 e da 6 C5



Oscilogramas n.os 3 e 4
Influência do aquecimento do cátodo nas características de emissão

priedades do tubo que derivam da forma das suas características.

No funcionamento dinâmico dos tubos electrónicos, a inclinação no ponto de funcionamanto em repouso intervém como um dos parâmetros característicos do tubo para pequenas amplitudes da tensão de comando. Para tensões de comando de maior amplitude (em que não se atinja porém o estado de corte) o funcionamento do tubo pode ser caracterizado pela inclinação e pelas suas sucessivas derivadas em relação à tensão de comando.

Teòricamente a inclinação em qualquer ponto pode deduzir-se do conhecimento das próprias características como é óbvio; porém, experimentalmente, usa-se medir directamente a inclinação, porque existem métodos de zero que o permitem fazer com rigor e facilidade.

Esta circunstância confere assim grande importância às características de inclinação. Basearemos o nosso estudo experimental da forma das características exactamente na medição da inclinação.

Conhecidas estas características com bastante

rigor podem obter-se gràficamente a partir delas as derivadas, cuja medida directa já é mais difícil.

3.3 — O esquema de ligações utilizado para medir a inclinação foi o da fig. AI-2.

Este esquema mede de facto

$$S_a = \left(\frac{\partial i_a}{\partial e_g} \right)_{e_a} \qquad \text{AI-6}$$

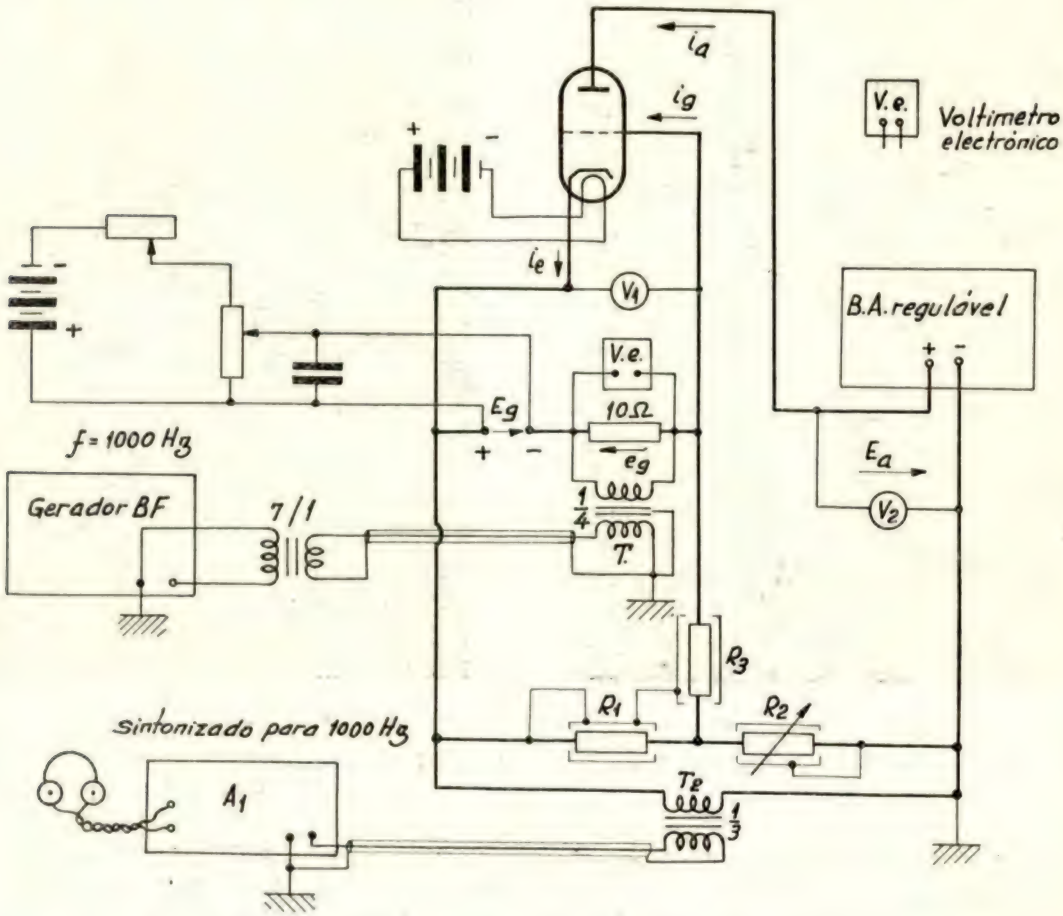
Porém $S_a = S$ enquanto for $i_g = 0$ e é este domínio que fundamentalmente nos interessa.

No esquema de ligação da fig. AI-2 encontramos fontes de alimentação de corrente contínua garantindo as tensões constantes E_a e E_g que definem o ponto da característica em que se faz a medida da inclinação. Um gerador de baixa frequência (B.F.) aplica por intermédio de transformadores de adaptação e isolamento uma pequena tensão alternada (Egef = 50mV).

A malha de resistências R_1, R_2 e R_3 permite, regulando R_2, conseguir silêncio nos telefones. Para maior sensibilidade na detecção do zero é necessário o emprego dum amplificador sintonizado para a frequência de trabalho ligado entre os telefones e o circuito de medida (A_1).

Quando o som se extingue nos telefones existe a seguinte relação entre a inclinação e as resistências:

$$S_a = \frac{R_1}{R_3 R_1 + R_3 R_2 + R_1 R_2} \qquad \text{AI-7}$$



Montagem para a medição de S_a por um método de zero

Fig. AI-2

Usou-se $R_1 = 100$ ohm, $R_3 = 0; 100; 1000$ ohm definindo três campos de medida. Fez-se R_2 ajustável de 0 — 1.111 ohm.

Os resultados das medições efectuadas sobre a

DKM 1 — O pequeno teodolito de triangulação, de duplo círculo e de exactidão espantosa.
Leituras de confiança por meio dos dois limbos diametralmente opostos.
De fácil transporte por ser compacto e de pouco peso.
Pode-se fornecer com o novo tripé de centragem automática, que permite pô-lo ràpidamente em estação.

Peça o prospecto descritivo.

Kern SWISS

KERN — Instrumentos geodésicos de fama mundial pela perfeição técnica e precisão.

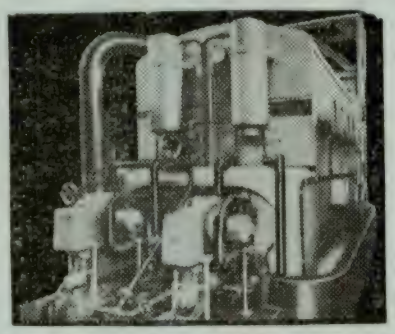
REPRESENTANTES PARA PORTUGAL:

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.ª, L.DA

RUA DE SANTO ANTÓNIO, 137-145 — PORTO — TEL. 20254/5
RUA ANTERO DE QUENTAL, 17-1.º — LISBOA — TEL. 53366

FLUIDOTERMUS

Aquecedores-acumuladores industriais



A disposição da indústria nacional

Processo patenteado francês de aquecimento por fluido especial transmissor de energia térmica

- Temperatura até 300º C
- Não têm pressão (Não sujeitos a prova)
- Não têm incrustações nem oxidações
- Não têm purgadores
- Não têm panes nem períodos de paragem.

Com um pequeno permutador a mesma instalação pode produzir vapor

6 unidades para uma produção de 6.000.000 k cal h. foram já encomendadas pela indústria petrolifera para Portugal.
Fabricação inteiramente nacional

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boa Vista, 63 — LISBOA

ELECTRO TÉCNICOS

ELECTROTÉCNICOS REÚNIDOS, LDA.

LISBOA

INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

ADJUDICATÁRIOS DA INSTALAÇÃO ELÉCTRICA DA NOVA FÁBRICA DA

Firestone Portuguesa, S.A.R.L.

12AT7 e sobre a 6C5 são traduzidos pelas curvas de S_a dos gráficos números 1 e 2.

Para um tubo que obedecesse rigorosamente à relação teórica AI-1 a inclinação seria dada pela expressão

$$S = \frac{3}{2} K (e_g + D e_a)^{1/2} \qquad \text{AI-8}$$

As curvas a e_a constante seriam parabólicas de eixo segundo e_g e vértice no ponto de corte $e_g = - D e_a$.

A curva para a 6C5 (gráfico n.º 2) é de facto aproximadamente dessa forma. Não existe um ponto de corte bem definido devido às velocidades iniciais dos electrões, iniciando-se a curva por um traço com a concavidade voltada para cima. Podemos considerar esta a forma normal do andamento da inclinação.

A 12AT7 (gráfico n.º 1) apresenta a concavidade sempre voltada para cima. Querendo aproximar este andamento por uma potência de e_g o expoente teria de ser pelo menos 2 o que signi-

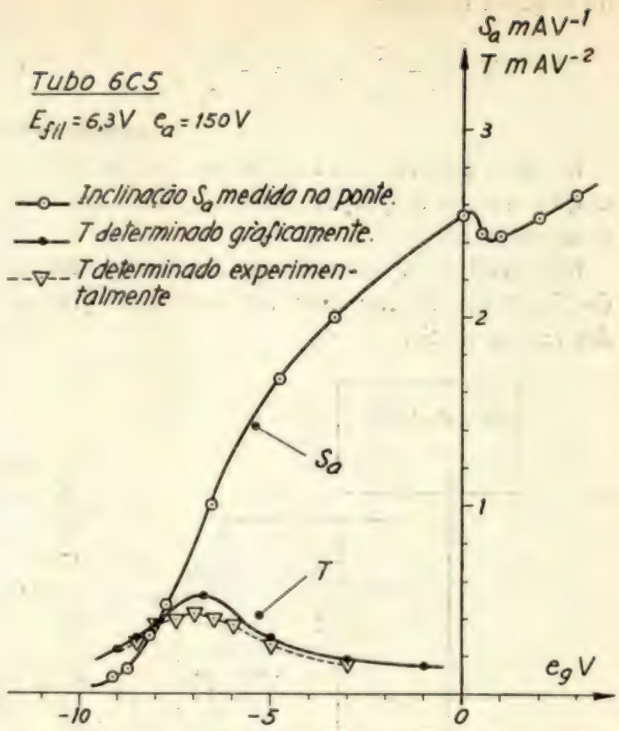


Gráfico n.º 2

fica um expoente de pelo menos 3 para o próprio i_e, em vez de 1,5 como seria se a forma fosse a que é dada pela expressão AI-1.

Qualquer das curvas de S_a traçadas apresenta um degrau na vizinhança de $e_g = 0$. Deve-se isso ao aparecimento brusco de corrente de grelha, pois nós medimos S_a e não pròpriamente S. Nos valores de S não se notaria qualquer inflexão devida ao aparecimento de corrente de grelha. Este pormenor, que traduz uma mudança brusca de inclinação das curvas da corrente anódica devida a uma parte da corrente de emissão ser agora desviada para a grelha, é difícil de notar e de localizar com precisão num gráfico de i_a em função e_g embóra aqui seja perfeitamente nítida. É esta outra propriedade importante da medição de inclinação, a possibilidade de revelar claramente pormenores das características que doutro modo são difíceis de evidenciar.

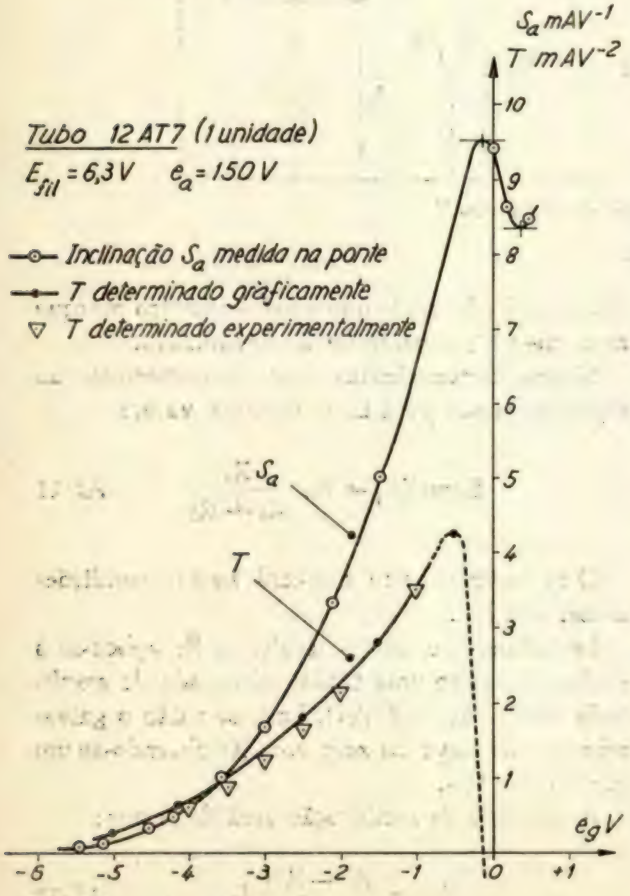


Gráfico n.º 1

4 — A derivada da inclinação

4.1 — Definimos esta derivada que representamos pela letra T como se segue:

$$T = \frac{dS}{de_c} = \frac{d^2 i_e}{de_c^2}$$

ou o que é o mesmo

$$T = \left(\frac{\partial S}{\partial e_g}\right)_{e_a} = \left(\frac{\partial^2 i_e}{\partial e_g^2}\right)_{e_a} \qquad \text{AI-9}$$

É este o primeiro parâmetro que contém informação quanto às propriedades não lineares das características.

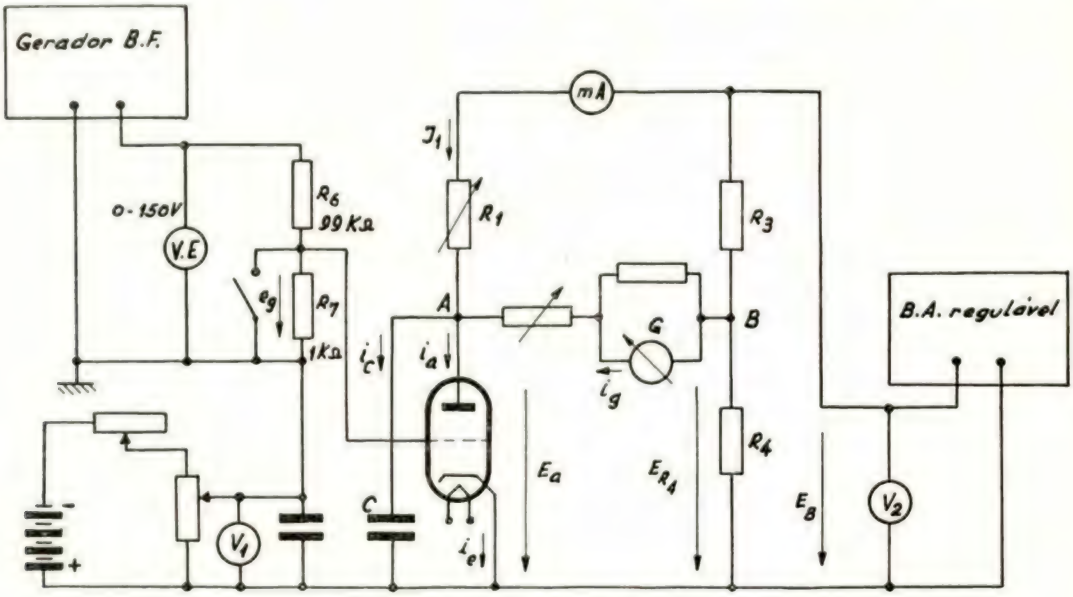
Nos gráficos n.º 1 e n.º 2 estão traçadas curvas de T obtidas directamente por derivação gráfica das curvas de S_a.

porcional a T, desde que se desprezem termos de ordem par superiores aos que se consideraram no desenvolvimento AI-10.

Basta portanto medir I_R e conhecer E para determinar T.

4.3 — Usou-se para esta medida o esquema de ligações da fig. AI-3. Para determinar I_R procede-se como se segue:

Com R_7 em curto-circuito e consequentemente só com tensões contínuas aplicadas ao tubo,



Montagem para medição do parâmetro T

Fig. AI-3

4.2 — O parâmetro T também pode ser medido directamente, por exemplo através do efeito de rectificação.

$$(i_e)_{e_a} = i_e(E_g) + S\,\Delta e_g + \frac{T}{2}\Delta e_g^2 + \ldots \qquad \text{AI-10}$$

em que $\Delta e_g = e_g - E_g$ S e T são as derivadas como anteriormente mas tomadas no ponto $e_g = E_g$.

Faça-se

$$\Delta e_g = E \cos \omega t$$

o valor médio da corrente i_e será dado por

$$I_e = i_e(E_g) + \frac{T}{4}E^2 + \ldots = I_{e_0} + I_R$$

$i_e(E_g)$ é a corrente contínua de repouso I_{e_0}.

$\frac{T}{4}E^2$ é a corrente de rectificação I_R que é pro-

ajusta-se R_1 de modo que o galvanómetro marque zero. Seja R'_1 o valor de R_1 encontrado.

Nestas circunstâncias, que correspondem ao repouso, temos para E_a o seguinte valor:

$$E_a = E_{R_4} = E_B \frac{R_4}{R_4 + R_3} \qquad \text{AI-11}$$

O miliamperímetro marcará nestas condições a corrente I_{e_0}.

Levantando o curto-circuito a R_7 aplica-se à grelha do tubo uma tensão alternada de amplitude conhecida (0,5 Vef). Leva-se então o galvanómetro de novo ao zero com R_1 obtendo-se um novo valor R''_1.

A corrente de rectificação será dada por:

$$I_R = \frac{R'_1 - R''_1}{R''_1} I_{e_0} \qquad \text{AI-12}$$

O valor da tensão anódica mantém-se o mesmo do repouso. O condensador C destina-se a estabelecer um curto-circuito entre o ânodo e cátodo para corrente alternada assegurando a ausência de componentes alternados em E_a.

Deste modo, embora I_R seja uma pequena parcela do componente contínuo da corrente i_e, poder-se-ia medi-la com rigor comparável àquele com que é medido I_{e_0}.

Todavia a medida não é de grande rigor, pois que é necessário eliminar qualquer variação possível da corrente I_e que seja devida a outras causas além do fenómeno de rectificação que desejamos medir. Verifica-se frequentemente a existência de variações lentas de I_{e_0} mesmo quando as tensões contínuas são mantidas rigorosamente constantes e que só se podem atribuir a variação de propriedades internas do tubo.

Para obviar a estas incertezas é necessário estabelecer uma corrente rectificada I_R suficientemente grande empregando uma tensão de grelha de amplitude apreciável. Isto conduz, porém, a outra imprecisão sempre que estejamos numa zona da característica em que sejam apreciáveis as derivadas superiores de ordem par que também contribuem para a corrente rectificada. Com grandes amplitudes de tensão de grelha a medida perde o carácter local que deve ter.

Os resultados das medidas que fizemos estão registados nos mesmos gráficos n.º 1 e n.º 2 onde podem ser comparados com as curvas de T derivadas directamente das de S. O acordo é bom não sendo, porém, como era de esperar o máximo da curva de T do gráfico n.º 2 devidamente reproduzido pelos pontos experimentais.

5 — Derivadas de ordem superior

Nas aplicações em que tem interesse a caracterização da forma das características por um desenvolvimento em série vai-se normalmente até à consideração da terceira derivada da corrente que designaremos por W e que se define por

$$W = \frac{dT}{de_c} = \frac{d^2 S}{de_c^2} = \frac{d^3 i_e}{de_c^3} \qquad \text{AI-13}$$

A ordem de grandeza deste parâmetro pode ser prevista a partir das curvas de T e é da ordem de 1 maV^{-3} para a 12AT7 e de pequena importância na 6C5 salvo na região inicial da característica.

Adiante indicaremos outra técnica de obtenção de informação acerca destes parâmetros.

Para a aplicação ao gerador de sub-harmónica é o parâmetro T que tem importância fundamental.

6 — Corrente de emissão com uma tensão de grelha comando alternada sinusoidal

6.1 — Tomemos um determinado ponto de funcionamento definido pela tensão contínua de E_g e pela tensão contínua de placa E_a. Nesse ponto de funcionamento obtém-se uma corrente contínua de repouso I_{e_0}.

Convencionamos representar por e_g, e_a e i_e valores instantâneos dos desvios contados a partir dos valores de repouso da grandeza correspondente.

Representamos então a forma das características pela expressão

$$i_e = S\, e_c + \frac{T}{2} e_c^2 + \frac{W}{6} e_c^3 \qquad \text{AI-14}$$

onde $e_c = e_g + D\, e_a$ e S, T e W têm o significado dado atrás, supondo-se que as derivadas que representam foram calculadas para o ponto de funcionamento em repouso. Estamos simplesmente em presença do desenvolvimento em série de Taylor limitado aos seus primeiros termos.

Fazemos:

$$e_a = 0 \quad \text{e} \quad e_g = E_1 \cos \alpha_1$$

onde

$$\alpha_1 = \omega t + \phi_1 \qquad \text{AI-15}$$

A expressão de i_e será então:

$$i_e = \frac{T}{4} E_1^2 + \left(S\, E_1 + \frac{W}{8} E_1^3\right) \cos \alpha_1 + \frac{T}{4} E_1^2 \cos 2\alpha_1 + \frac{W}{24} E_1^3 \cos 3\alpha_1 \qquad \text{AI-16}$$

A primeira parcela é a corrente rectificada de que já se falou, a segunda parcela é alternada e tem a mesma frequência da tensão imposta à grelha e as restantes são harmónicas com frequência múltipla da frequência da tensão de grelha.

A primeira parcela pode ser medida por um aparelho de corrente contínua. As restantes podem ser medidas independentemente umas das outras por um instrumento selectivo no domínio

da frequência. Conhecida a amplitude da tensão de grelha pode com estas medidas obter-se informação quantitativa em relação a cada um dos parâmetros S, T e W.

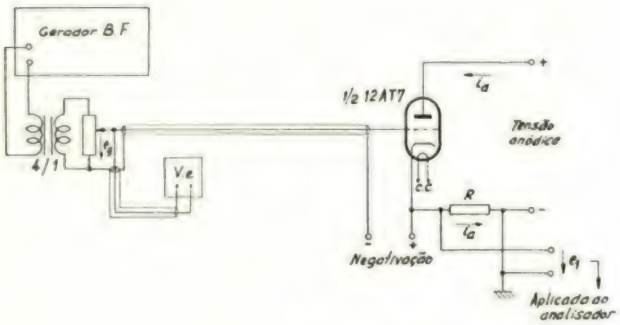


Fig. AI-4

6.2 — A fim de constatar experimentalmente a eficácia da representação AI-14 realizamos a verificação da expressão AI-16 com a montagem da fig. AI-4.

Aplicou-se ao tubo um sinal alternado de grelha com amplitude sucessivamente crescente. Para os vários valores de E_1 mediu-se cada uma das parcelas de AI-16 por intermédio da queda na resistência R usando um voltímetro electrónico selectivo (1).

Mantiveram-se constantes as tensões contínuas com os seguintes valores:

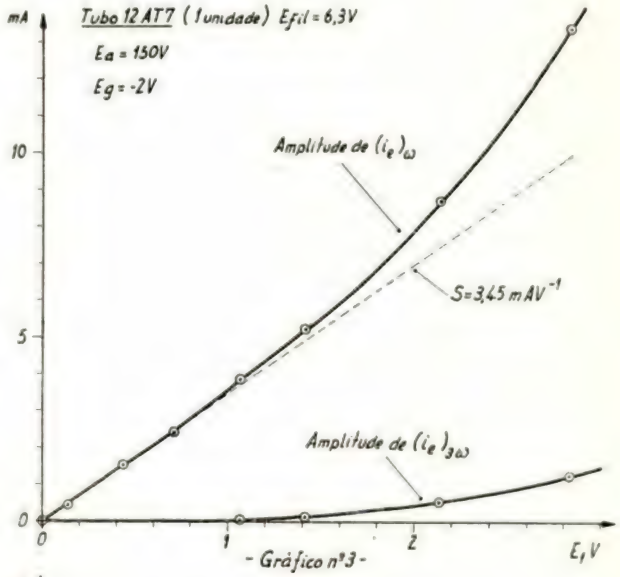
$$E_g = -2V \qquad E_a = 150V$$

No gráfico n.º 3 apresentam-se os resultados relativos à frequência fundamental e à terceira harmónica. Nota-se o paralelismo entre o progressivo desvio da curva da fundamental para cima e o aparecimento da 3.ª harmónica. Tal como se poderia prever do gráfico n.º 1, W é constantemente positivo na 12AT7 pelo que o termo fundamental cresce com a amplitude do sinal.

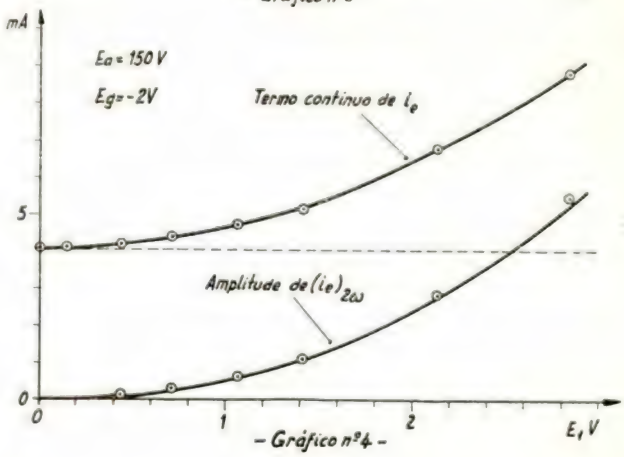
No gráfico n.º 4 apresentam-se os resultados relativos ao termo constante da corrente, que cresce para cima do seu valor de repouso à medida que surge o termo de segunda harmónica.

(1) — Analisador de ondas.

As representações figuradas nos gráficos n.º 5 e n.º 6 mostram que o andamento das curvas anteriores é aproximadamente o previsto pela expressão AI-16. Com efeito, no gráfico n.º 5

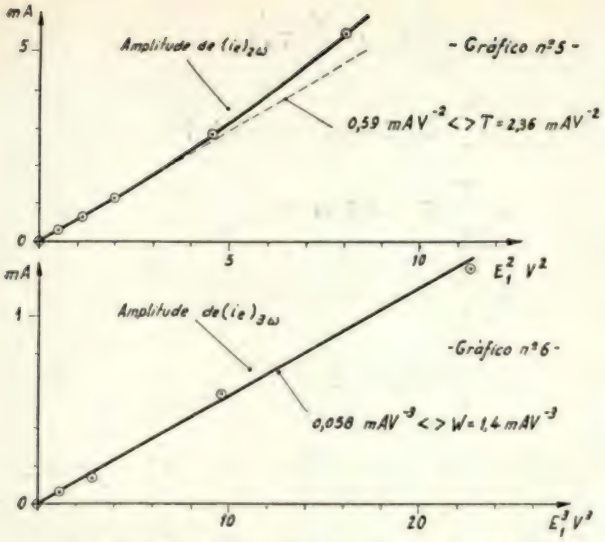


- Gráfico nº3 -



- Gráfico nº4 -

a representação da amplitude da segunda harmónica em função do quadrado da amplitude do sinal é aproximadamente uma recta que mostra no entanto a progressiva influência de termos de grau quatro positivos. O gráfico n.º 6 mostra igualmente que a terceira harmónica varia sensìvelmente com o cubo da amplitude do sinal. A inclinação destas rectas permite determinar o valor dos parâmetros S, T e W que estão de acordo dentro duma precisão razoável com os valores anteriormente medidos relativos a este ponto de funcionamento. Prova-se assim a utilidade da representação AI-14.



7 — A tensão de comando contém duas oscilações alternadas sinusoidais

Este outro caso é particularmente importante para aplicação ao gerador de sub-harmónica. Lá, as duas oscilações são a própria sub-harmónica e o sinal sincronizante aplicado do exterior. Estudaremos por isso este caso com um certo pormenor.

Seja então:

$$e_a = 0 \qquad e_c = e_g = e_1 + e_2$$
$$e_1 = E_1 \cos \alpha_1 \qquad \alpha_1 = \omega_1 t + \phi_1 \qquad \text{AI-17}$$
$$e_2 = E_2 \cos \alpha_2 \qquad \alpha_2 = \omega_2 t + \phi_2$$

Usaremos novamente a expressão AI-14. Na corrente de emissão surgirão então as seguintes parcelas:

$$i_e = \left(\frac{T}{4} E_1^2 + \frac{T}{4} E_2^2\right) + \frac{W}{8} E_1^2 E_2 \cos(2\alpha_1 - \alpha_2) +$$
$$+ \left(S E_1 + \frac{W}{8} E_1^3 + \frac{W}{4} E_1 E_2^2\right) \cos \alpha_1 +$$
$$+ \frac{T}{2} E_1 E_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) + \left(S E_2 + \frac{W}{8} E_2^3 +\right.$$
$$\left. + \frac{W}{4} E_1^2 E_2\right) \cos \alpha_2 + \frac{T}{4} E_1^2 \cos 2\alpha_1 +$$
$$+ \frac{W}{8} E_1 E_2^2 \cos(2\alpha_2 - \alpha_1) +$$
$$+ \frac{T}{2} E_1 E_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) +$$
$$+ \frac{W}{24} E_1^3 \cos 3\alpha_1 + \frac{T}{4} E_2^2 \cos 2\alpha_2 +$$
$$+ \frac{W}{8} E_1^2 E_2 \cos(2\alpha_1 + \alpha_2) +$$
$$+ \frac{W}{8} E_1 E_2^2 \cos(2\alpha_2 + \alpha_1) + \qquad \text{AI-18}$$
$$+ \frac{W}{24} E_2^3 \cos 3\alpha_2$$

Nesta soma podemos distinguir dois tipos de termos:

1) — Termos simples cuja grandeza só depende da amplitude de uma das oscilações. Estes termos são os mesmos que surgiriam se cada oscilação actuasse separadamente.
2) — Termos compostos cuja grandeza depende simultâneamente da amplitude das duas oscilações. Estes termos compostos constituem aquilo que se obtém a mais que a simples sobreposição dos efeitos que tem cada oscilação actuando por si só.

Nestes termos compostos devemos distinguir ainda duas categorias:

a) — Termos cuja fase só depende da fase duma das oscilações. São portanto da mesma frequência que essa oscilação e só dependem da outra na amplitude.
b) — Termos cuja fase é uma combinação das fases das duas oscilações. Essas combinações podem envolver o soma ou a diferença de múltiplos inteiros das fases de cada oscilação.

Estes termos compostos de combinação terão em geral frequências que não coincidem nem com as frequências das oscilações aplicadas nem com os seus múltiplos inteiros. Sòmente quando as frequências das oscilações aplicadas forem comensuráveis é que podem aparecer termos destes que coincidam com a frequência de qualquer delas ou com a frequência das suas harmónicas e sub-harmónicas.

Os fenómenos de sincronização em sistemas não lineares, cuja origem para a não linearidade seja uma característica corrente tensão como a que investigamos, devem-se precisamente à existência, em cada caso, dum destes termos de combinação por diferença que vai cair na vizinhança da frequência de oscilação livre do sistema quando o sinal sincronizante injectado do exterior se aproxima dum determinado valor de frequência, comensurável com o da oscilação pre-

sente nesse sistema. Este termo, cuja fase dependerá da posição relativa no tempo das duas oscilações pode, se tiver suficiente importância, assegurar o sincronismo dominando o processo de conversão de energia que sustenta a oscilação.

7.2 — Interessa-nos agora o caso especial do gerador da sub-harmónica f/2 em que

$$\omega_2 = 2\,\omega_1 \qquad \text{AI-19}$$

Fazemos então

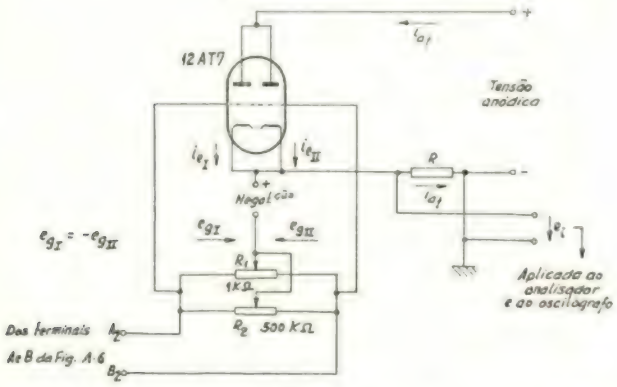
$$\alpha_1 = \omega t + \phi \quad \text{e} \quad \alpha_2 = 2\,\omega t$$

no desenvolvimento AI-18.

A corrente i_e fica periódica de período $\frac{2\pi}{\omega}$.

A expressão AI-18 reduz-se então a um termo constante, a um termo fundamental de frequência ω (em que intervém a contribuição dum termo de combinação por diferença que é proveniente da parcela em T e que é o termo responsável pela sincronização no caso presente) e às sucessivas harmónicas da fundamental.

Para pôr o termo da segunda derivada mais em evidência, podemos combinar dois tubos como no esquema da Fig. AI-5. Aplicando às grelhas tensões simétricas, desaparecem na corrente soma da corrente de cada um dos tubos, todos os termos de expoente ímpar ficando sòmente os termos devidos à parcela do segundo grau. Na ausência de corrente de grelha a corrente i_{a_t} do esquema da Fig. AI-5 será dada por:



Esquema para observação do efeito do termo do 2.° grau das características da emissão

Fig. AI-5

$$i_{a_t} = 2\,\frac{T}{2}\,(E_1 \cos \alpha_1 + E_2 \cos \alpha_2)^2 =$$

$$= 2\left[\left(\frac{T}{4}\,E_1^2 + \frac{T}{4}\,E_2^2\right) + \right.$$

$$+ \frac{T}{2}\,E_1\,E_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) +$$

$$+ \frac{T}{4}\,E_1^2 \cos 2\,\alpha_1 +$$

$$+ \frac{T}{2}\,E_1\,E_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) +$$

$$\left. + \frac{T}{2}\,E_2^2 \cos 2\,\alpha_2 \right] \qquad \text{AI-20}$$

quando α_1 e α_2 forem dados por AI-19 o termo com a frequência fundamental é precisamente o termo de combinação que terá a seguinte expressão:

$$[\,i_{a_t}\,]_\omega = T\,E_1\,E_2 \cos(\omega t - \phi) \qquad \text{AI-21}$$

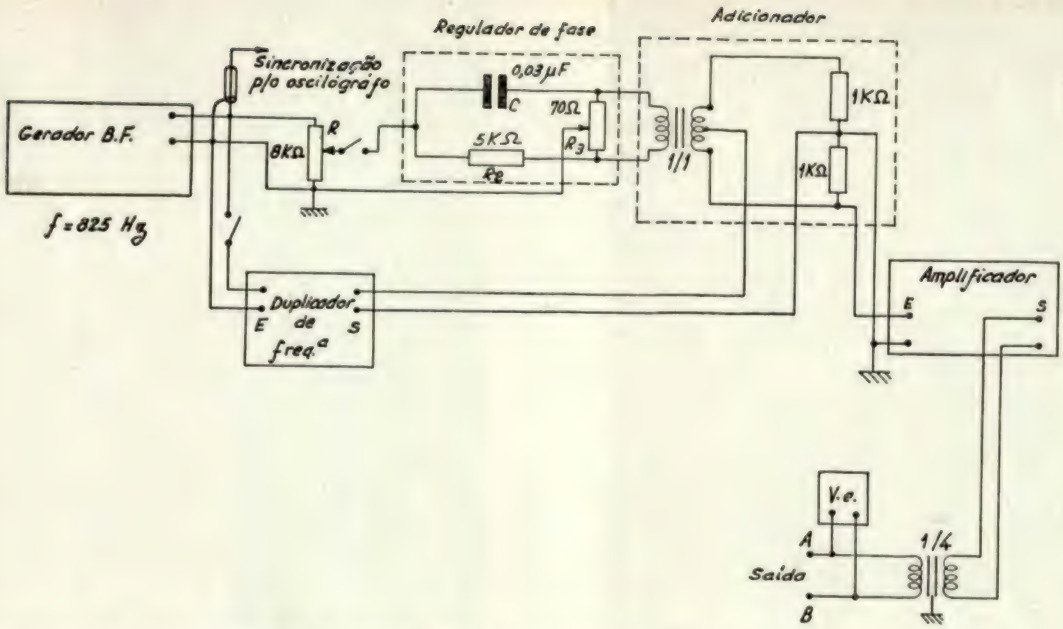
O ângulo ϕ determina a posição relativa das duas oscilações no tempo estando $[\,i_{a_t}\,]_\omega$ em atraso de 2ϕ em relação à tensão e_1 que tem a mesma frequência.

7.3 — Com o auxílio do analisador de ondas confirmou-se experimentalmente a expressão AI-21 no que diz respeito às amplitudes. Para isso foi necessário dispor de duas oscilaçõds síncronas tendo uma frequência dupla da outra cuja posição relativa no tempo fosse ajustável e cujas amplitudes se pudessem regular independentemente.

Usou-se o esquema de ligações da Fig. AI-6. O gerador de baixa frequência fornece a oscilação de frequência mais baixa. A frequência dupla é obtida a partir da mais baixa no duplicador de frequência que é um gerador de 2.ª harmónica cujo esquema de ligações está representado na fig. AI-7 e que aproveita os mesmos princípios descritos atrás para fazer predominar os termos do segundo grau.

A fase da oscilação de frequência mais baixa pode ser ajustada no regulador de fase sendo as duas oscilações sobrepostas no adicionador sem se influenciarem mútuamente. É possível assim produzir, ajustar e medir cada uma separadamente e depois sobrepô-las.

Com o tubo ligado como na fig. AI-5 ajustaram-se as resistências R_1 e R_2 de modo a fazer desaparecer o termo fundamental da corrente

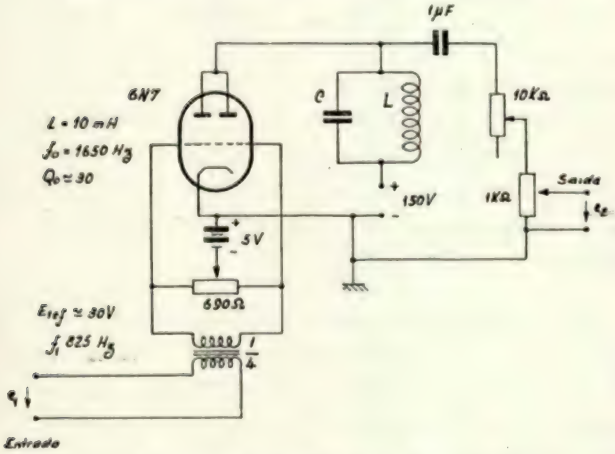


Esquema da montagem utilizada para obter duas oscilações síncronas com frequências na relação 2 : 1

Fig. AI-6

i_{a_t}. Para isso basta aplicar uma única oscilação e fazer com que essa frequência desapareça na corrente, o que pode ser verificado com o analisador.

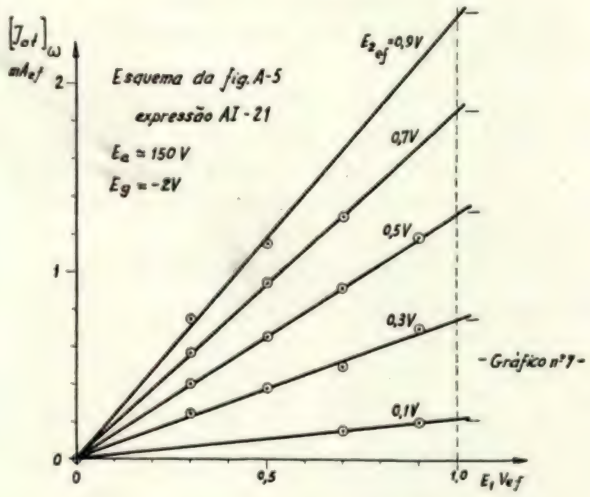
Aplicando agora as duas oscilações simultâneamente mediu-se a amplitude do termo fundamental da corrente para várias combinações da amplitude das duas oscilações. Os resultados vão



Esquema do duplicador de frequência

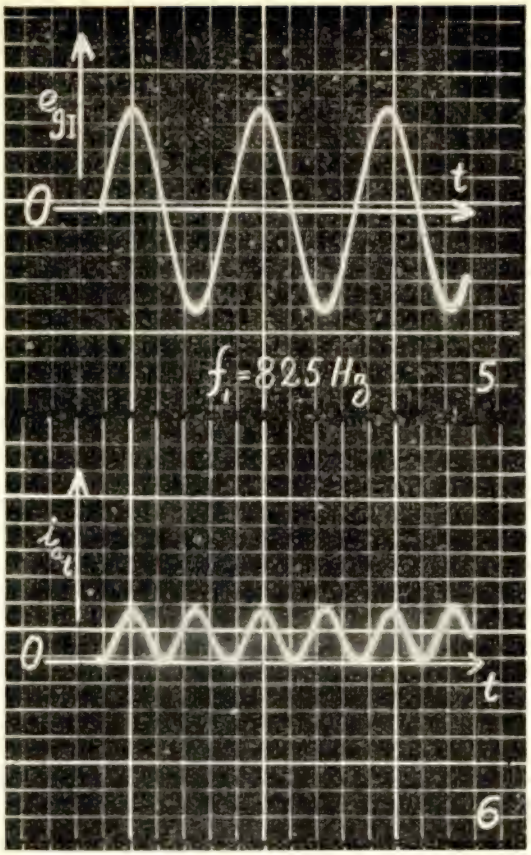
Fig. AI-7

expressos pela família das rectas do gráfico n.º 7 cujas inclinações confirmam o facto deste termo ser proporcional à amplitude de qualquer das oscilações como se previu.

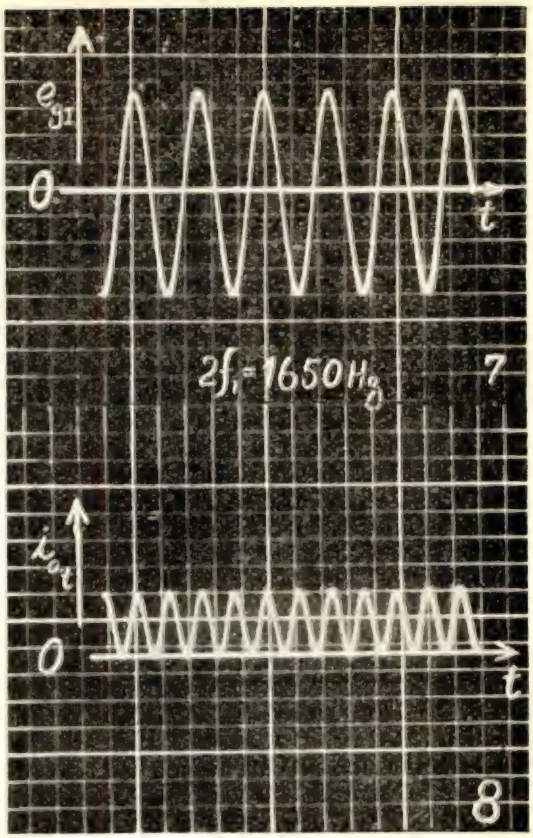


7.4 — Com a mesma montagem foram tirados os oscilogramas n.os 5 a 12 que foram traçados com a mesma velocidade de varredura. Põem-se assim em evidência as formas características que a corrente toma neste modo de funcionamento. Também deste modo se podem observar as desfasagens.

Nos oscilogramas n.os 5 a 8 foi aplicada ùnicamente uma oscilação de cada vez.



Oscilogramas n.os 5 e 6
Sòmente a frequência mais baixa aplicada às grelhas



Sòmente a frequência mais alta aplicada às grelhas
Oscilogramas n.os 7 e 8

Osc. n.º 5 — Oscilação de frequência mais baixa observada numa das grelhas.

Osc. n.º 6 — Corrente anódica correspondente à tensão anterior. Surge a frequência dupla e o termo constante.

Osc. n.º 7 — Oscilação de frequência mais alta observada como no Osc. n.º 5.

Osc. n.º 8 — Corrente anódica correspondente à tensão anterior. Sucede o mesmo que no Osc. n.º 6.

Não aparecem termos com a frequência das oscilações aplicadas enquanto se aplica uma oscilação.

Nos oscilogramas seguintes aplicaram-se simultâneamente as duas oscilações anteriores.

Osc. n.º 9 — Temos $\phi = 0$ e $E_1 = E_2$ o oscigrama representa a tensão numa das grelhas.

Osc. n.º 10 — Corrente anódica correspondente à tensão anterior. A curva da corrente continua a ser o quadrado da tensão e apresenta nìtidamente um componente fundamental em fase com a oscilação de frequência mais baixa (setas verticais denotam a localização dos máximos positivos da fundamental).

Osc. n.º 11 — Avançou-se a oscilação e_1 de $\pi/4$ portanto $\phi = \pi/4$. O oscilograma representa a tensão numa das grelhas.

Osc. n.º 12 — Corrente anódica correspondente à tensão anterior. Evidencia-se também um componente fundamental mas em atraso, desfasado de $\pi/2$ em relação ao componente fundamental da tensão.

A aplicação das duas oscilações fez surgir o termo com a frequência da oscilação fundamental da tensão que não surgia doutro modo. A posição no tempo desse termo fundamental depende da posição relativa das duas oscilações que são aplicadas.

8 — Conclusões

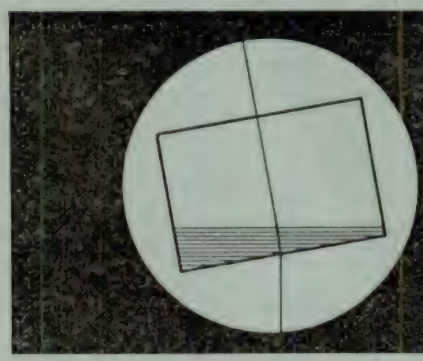
Caracterizou-se a relação corrente de emissão-tensão de comando através dos parâmetros S, T

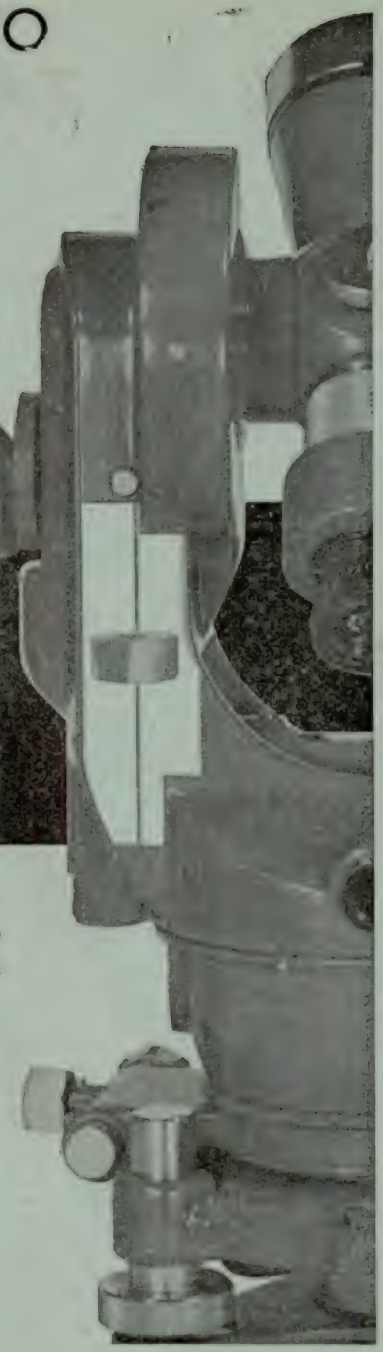
O NOVO TEODOLITO

Wild T 1-A

com calagem
zenital automática

O teodolito com os aperfeiçoamentos mais modernos, permitindo medições mais fáceis, rápidas e mais exactas





Automatismo duma concepção surpreendentemente simples: Prisma com líquido sem partes mecânicas, sem desgaste, sem desarranjos sem reparações.

Detalhes no prospecto Th 154

WILD
HEERBRUGG

Solicitem catálogo ou demonstração ao representante exclusivo:

WILD PORTUGAL, L.DA

LISBOA — PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6 — Tel. 68 1127

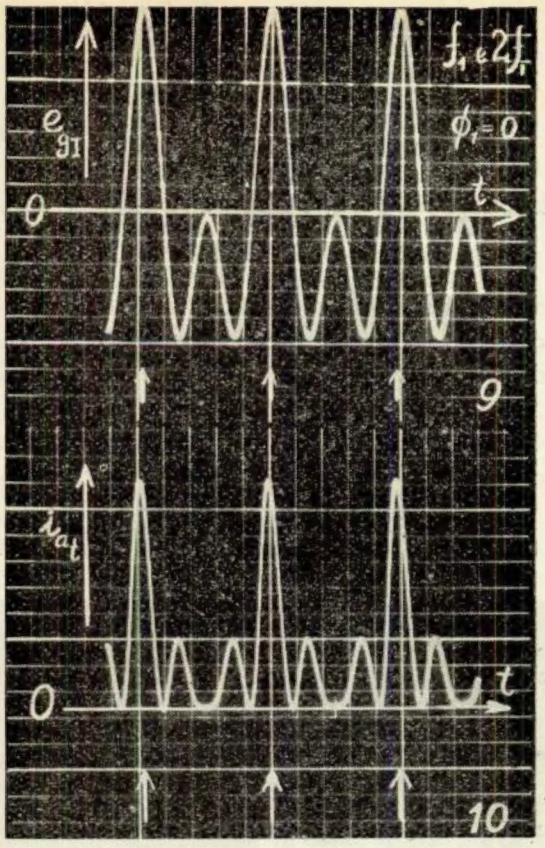
AÇO TOR

O AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA
PARA BETÃO ARMADO COM
MAIOR VENDA NO MUNDO

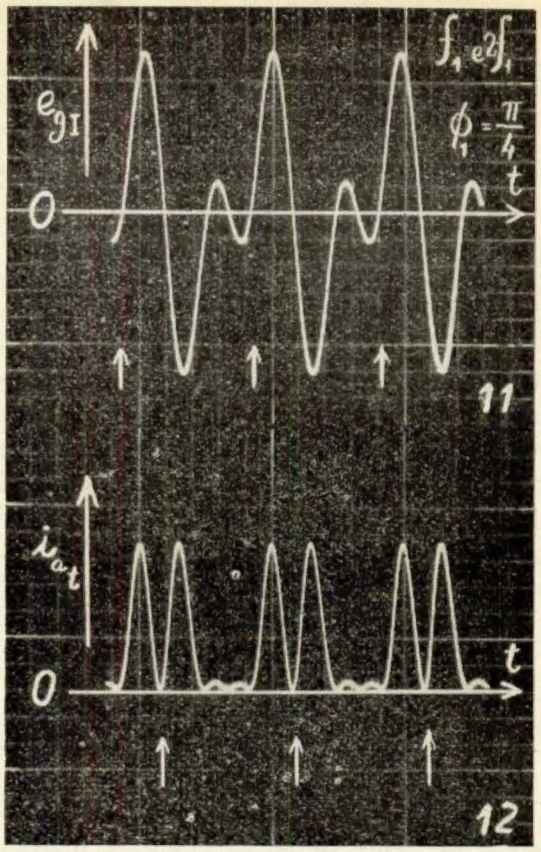
TENSÃO DE SEGURANÇA 2 400 Kg/cm²
SEM GANCHOS

Especifique
AÇO TOR
com o símbolo

SOABAL – SOCIEDADE DE AÇOS PARA BETÃO ARMADO, LDA.
RUA JOAQUIM BONIFÁCIO, 2, 1.º — TELEF. 4 05 66 — LISBOA



Oscilogramas n.os 9 e 10
Simultâneamente as duas frequências na relação 2/1
Posição relativa dada por $\phi_1 = 0$



Oscilogramas n.os 11 e 12
Simultâneamente as duas frequências na relação 2/1.
Posição relativa dada por $\phi_1 = \pi/4$

e W estabelecendo-se com eles uma representação analítica das características sob a forma dum polimónio do terceiro grau. Estudaram-se e compararam-se vários métodos de fixar os parâmetros experimentalmente tendo-se verificado ser possível fazê-lo em boas condições baseando-nos na determinação directa de S.

Comprovou-se ser a representação adoptada útil para interpretar e prever quantitativamente o comportamento dos tubos quando a tensão de comando consiste numa só oscilação sinusoidal e no caso de duas oscilações sobrepostas, tendo uma frequência dupla da outra. Este regime é precisamente o que se encontra no gerador da sub-harmónica f/2.

APÊNDICE II

A condução de corrente de grelha nnm tríodo com tensão anódica constante

1 — Finalidade

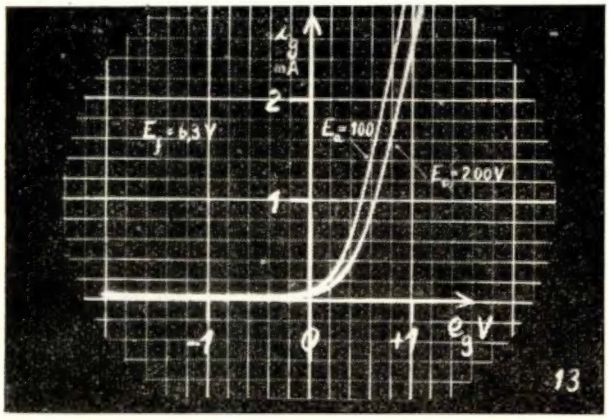
Obtenção de informação quantitativa sobre a componente fundamental da corrente de grelha que surge ao se atingir e ultrapassar, nos extremos positivos dum sinal alternado sinusoidal aplicado à grelha, o ponto de início da condução de corrente de grelha. Esta informação destinou-se a esclarecer o mecanismo de estabilização da amplitude do gerador de sub-harmónica.

2 — Características de corrente de grelha

2.1 — Designamos com este nome as curvas de i_g em função de e_g com e_a constante.

Traçámos estas características utilizando o osciljógrafo de raios catódicos como se indica na fig. AII-1 de que resultaram os oscilogramas n.º 13 e n.º 14. O tubo ensaiado foi a 12AT7 que utilizámos nas experiências com o gerador de sub-harmónica.

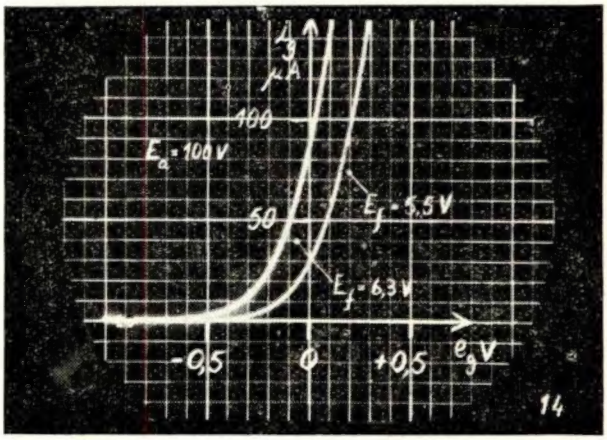
Osc. n.º 13 — Verificamos que a corrente de grelha no domínio de tensões explorado não de-



Oscilograma n.º 13 i_g $(e_g)_{E_a}$

pende fortemente da tensão anódica pelo que é possível fazer o seu estudo para uma tensão anódica fixa com um valor típido do funcionamento usual. Como se verifica neste oscilograma, a corrente de grelha inicia-se antes de ser atingido o zero da tensão entre a grelha e o cátodo. O início da condução antes do zero deve-se às velocidades iniciais dos electrões ao abandonarem o cátodo.

Osc. n.º 14 — Neste oscilograma a escala de



Oscilograma n.º 14 i_g (e_g) E_a na vizinhança da origem (escala ampliada)

observação foi ampliada de modo a permitir observar a vizinhança do ponto de início da condução de corrente de grelha. Verifica-se que a corrente tem crescimento exponencial e depende fortemente da temperatura do cátodo, facto que indica tratar-se duma situação em que as velocidades iniciais dos electrões têm efeito preponderante.

2.2 — Efectivamente o crescimento exponencial é o comportamento a esperar da corrente de qualquer eléctrodo cuja tensão em relação ao cátodo passe por zero caminhando para valores positivos. Deve-se esta circunstância à lei de probabilidade segundo a qual se distribuem as velocidades iniciais dos electrões. O andamento

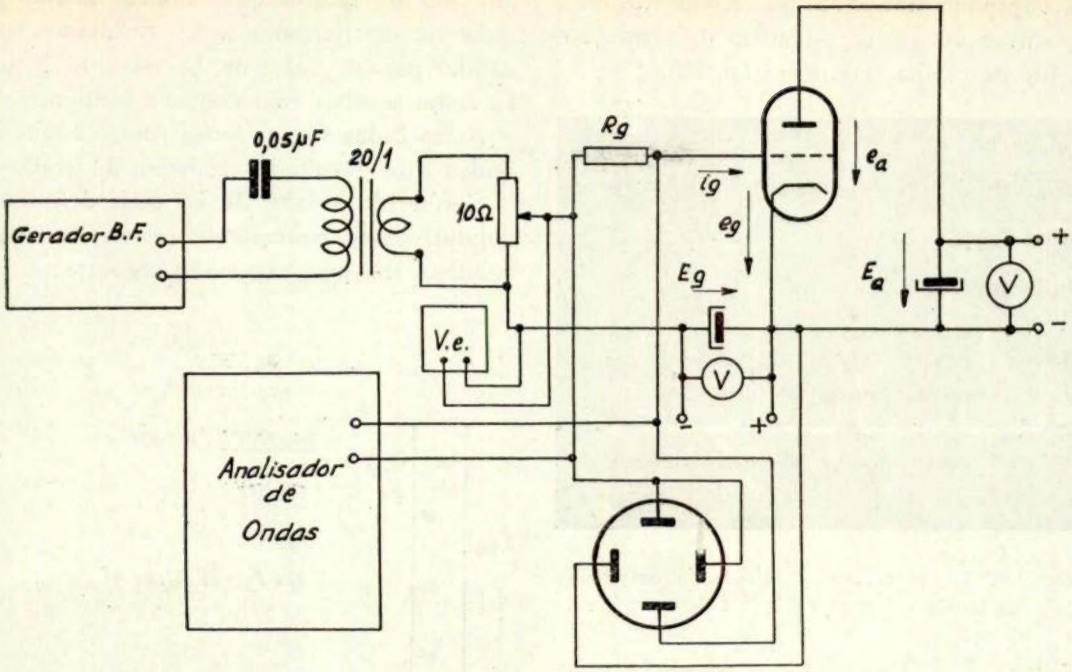


Fig. AII-1

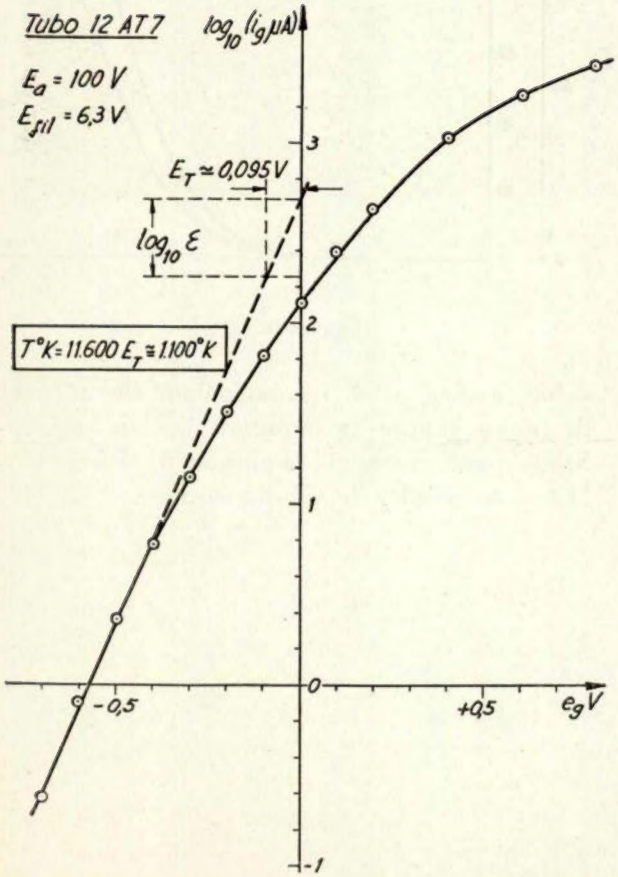


Gráfico n.º 8

da corrente de grelha inicial deverá ser da forma

$$i_g = I_g \, \varepsilon^{e_g/E_T} \quad (1) \qquad \text{AII-1}$$

com

$$E_T = \frac{T}{11\,.\,600} \text{ Volt}$$

admitindo velocidades distribuídas segundo a lei de Maxwell. T é a temperatura do cátodo em graus Kelvin.

No gráfico n.º 8 registaram-se os valores da corrente i_g, obtidos ponto a ponto, numa escala logarítmica em função da tensão e_g. Esse gráfico apresenta de início um troço rectilíneo cuja inclinação nos dá para T uma estimativa de cerca de 1.100 graus Kelvin que é um valor normal para o tipo de cátodos empregado nestes tubos.

3 — Impulsos de corrente de grelha provocados por uma tensão alternada aplicada

3.1 — O aspecto da condução de grelha que nos interessa investigar é aquele em que a tensão aplicada à grelha é constituída por um termo constante negativo a que se sobrepõe um com-

(1) ε Base dos logaritmos neperianos.